

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-250603

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl. G05B 13/02  
F02D 41/34  
F02D 45/00  
F16H 63/06  
G06F 15/18

(21)Application number : 11-054340 (71)Applicant : YAMAHA MOTOR CO LTD

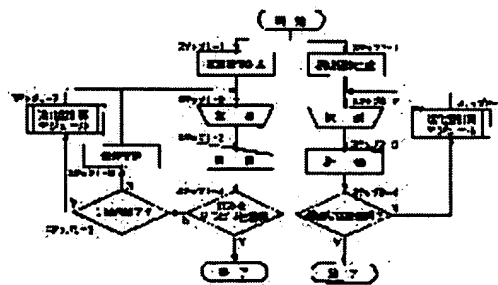
(22)Date of filing : 02.03.1999 (72)Inventor : KAJI HIROTAKE

## (54) INTEGRATED CHARACTERISTIC OPTIMIZATION METHOD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reflect the optimized characteristic on a controlled system in a short time and also to simplify an arithmetic operation by optimizing a control parameter of a control module used for the normal control by means of a direct optimization technique.

**SOLUTION:** The initial value of a control parameter is decided at random in a prescribed range to optimize a control module that is optimized at every control part, and a 1st generation consisting of plural initial solid bodies is generated (S2-1). The fuel consumption is calculated for all solid bodies of one generation (S2-2). It is decided whether the optimum fuel consumption characteristic is obtained according to the fuel consumption (evaluation value) of every solid body (S2-3). According to this evaluation result, it is decided whether the optimum fuel consumption is secured (S-4). If the optimum fuel consumption is secured, the optimization processing is finished. If the optimum fuel consumption is not secured, an evolutive calculation module is applied (S2-5) and a group of solid bodies of the next generation are generated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The overall-characteristic optimization approach characterized by making the control parameter in the control module for control which opts for the output relevant to the control input of a controlled system based on predetermined input usually optimize using a direct optimization technique.

[Claim 2] The optimization approach according to claim 1 characterized by said optimization technique being an optimization technique using heuristics.

[Claim 3] The overall-characteristic optimization approach according to claim 1 or 2 which is equipped with the control module for optimization for performing said optimization, and is characterized by updating to the control parameter which had the control parameter of the control module for control usually optimized after the optimization processing termination in said control module for optimization.

[Claim 4] The overall-characteristic optimization approach according to claim 1 or 2 which is equipped with the control module for optimization for performing said optimization, and is characterized by making the control parameter usually optimized after the optimization processing termination in said control module for optimization by the control module for control learn.

[Claim 5] The overall-characteristic optimization approach according to claim 4 characterized by replacing the control module for activation, and the control module for study after learning said control parameter by which the control module for control was equipped with the control module for control activation, and the control module for study, and the control module for study was usually optimized.

[Claim 6] The overall-characteristic optimization approach according to claim 1 or 2 characterized by making the control parameter of the control module for control usually optimize by having the control module for optimization constituted so that the control parameter of the control module for control might usually be outputted based on predetermined input, and making said control module for optimization optimize.

[Claim 7] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-6 characterized by usually building it using the algorithm which can predict whenever [ effect / which the modification has to other control parameters ] when [ said ] the control module for control changes a part of the control parameter [ at least ].

[Claim 8] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-6 usually characterized by being built using the algorithm which can predict whenever [ effect / which the modification has to the output of a control module ] when [ said ] the control module for control changes a part of the control parameter [ at least ].

[Claim 9] The overall-characteristic optimization approach according to claim 7 or 8 characterized by said thing [ that I/O of the control module for control is usually linearity ].

[Claim 10] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-9 to which said optimization technique is characterized by being evolution mold calculus, the near heuristics, and/or a strengthening approach.

[Claim 11] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-9 to which said optimization technique is characterized by consisting of the combination of learning algorithm or

fuzzy reasoning, and the evolution mold calculus or the near heuristics.

[Claim 12] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-9 to which said optimization technique is characterized by combining evolution mold calculus and the near heuristics.

[Claim 13] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-12 usually characterized by the control module for control being said control module which outputs the control input of a controlled system based on predetermined input.

[Claim 14] The overall-characteristic optimization approach according to claim 13 that the control module for control makes a user control input input, and is usually characterized by said thing [ outputting the control input of a controlled system ].

[Claim 15] The overall-characteristic optimization approach according to claim 12 or 13 characterized by said controlled system being a means to control the engine performance of the last controlled system.

[Claim 16] The overall-characteristic optimization approach according to claim 15 that said last controlled system is characterized by being a prime mover, motors, or those combination.

[Claim 17] Said prime mover, a motor, or the overall-characteristic optimization approach according to claim 16 characterized by carrying those combination in the car.

[Claim 18] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 15-17 which a means to control the engine performance of said last controlled system is an electronic throttle, and are characterized by said thing [ that the control module for control makes a throttle lever control input input, and usually considers the control input of an inhalation air content change means as an output ].

[Claim 19] The overall-characteristic optimization approach according to claim 18 characterized by having a control parameter about said static characteristic of the control input of the inhalation air content change means usually as opposed to the control input of a throttle lever in the control module for control, and optimizing the control parameter about said static characteristic by said optimization technique.

[Claim 20] The overall-characteristic optimization approach according to claim 19 or 20 characterized by having as the first-order-lag constant to which the control parameter about said dynamic characteristics of the control input of the inhalation air content change means usually as opposed to the control input of a throttle lever in the control module for control is added to a throttle input, and/or an acceleration correction factor, and optimizing the control parameter about said dynamic characteristics by said optimization technique.

[Claim 21] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-12 characterized by being the control module which outputs the amount of said amendments concerning [ the control module for control ] the control input of a controlled system usually based on predetermined input.

[Claim 22] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-12 usually characterized by being the control module with which the control module for control outputs said correction factor about the control input of a controlled system based on predetermined input.

[Claim 23] The overall-characteristic optimization approach according to claim 21 or 22 characterized by said controlled system being a means to control the engine performance of the last controlled system.

[Claim 24] The overall-characteristic optimization approach according to claim 23 that said last controlled system is characterized by being a prime mover, motors, or those combination.

[Claim 25] Said prime mover, a motor, or the overall-characteristic optimization approach according to claim 24 characterized by carrying those combination in the car.

[Claim 26] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 23-25 which a means to control the engine performance of said last controlled system is an electronics control fuel injection equipment, and are characterized by outputting the amount of said amendments of as opposed to [ usually based on predetermined input ] the basic fuel oil consumption to said fuel injection equipment in the control module for control, or a correction factor.

[Claim 27] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 23-25 which a means to control the engine performance of said last controlled system is a nonstep variable speed

gear, and are characterized by outputting the amount of said amendments of a change gear ratio [ in / usually based on predetermined input / in the control module for control / a nonstep variable speed gear ], or a correction factor.

[Claim 28] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 23-25 which a means to control the engine performance of said last controlled system is a nonstep variable speed gear, and are characterized by outputting the amount of said amendments of a gear change rate [ in / usually based on predetermined input / in the control module for control / a nonstep variable speed gear ], or a correction factor.

[Claim 29] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-28 characterized by performing said optimization on the basis of the evaluation based on user volition.

[Claim 30] The overall-characteristic optimization approach given in any 1 term of claims 1-29 characterized by performing said optimization based on the valuation basis set up beforehand.

[Claim 31] The overall-characteristic optimization approach according to claim 30 characterized by setting up said valuation basis based on the criteria property of the controlled system accompanied by degradation with the passage of time.

[Claim 32] The overall-characteristic optimization approach according to claim 30 characterized by setting up said valuation basis based on the regulation to a controlled system.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the approach of optimizing the control module for controlling a controlled system.

[0002]

[Description of the Prior Art] From the former, supposing the user of the product used as a controlled system, the optimum value of the property (namely, value of the parameter which determines the input / output relation of a control module) of the control module for controlling a controlled system was decided by experiment in the design stage or the setting phase before shipment so that the property (workmanship, character, a busy condition) of the user who assumed might be suited. However, with diversification and an advancement of the contents of control in recent years, by the conventional approach an experiment determines the optimum value of the property of a control module, the difficulty for optimizing a control module becomes high, therefore great time amount is needed. Moreover, although a control module is optimized in the setting phase before a design or shipment by the above-mentioned conventional control approach according to the property (workmanship, character, a busy condition) of the user who assumed supposing the user of the product used as a controlled system, since human being's individuality and liking are of infinite variety, offering the product of the property all users are satisfied with such a conventional approach of a property has the problem are impossible. The basic control module with which an applicant determines the control output to a controlled system in view of the above-mentioned conventional trouble based on predetermined input, The control module for amendment which determines the amount of amendments to the output of said basic control module, It consists of the control module for evolution which makes the input/output relation of said control module for amendment optimize by the genetic algorithm according to a user's volition. The evolutionary control system which learns by said control module for amendment using as teacher data input/output relation optimized with the control module for optimization was proposed by Japanese Patent Application No. No. 264604 [ nine to ]. Since according to this method the input/output relation of the control module for amendment is made to optimize with the control module for evolution and this is actually reflected in the control module for amendment when a user directs a user's volition directly, optimization can carry out easily in a short time by enabling each user to acquire the property of a favorite control module according to that occasional temper, and using a genetic algorithm.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, the evolutionary control system which the above-mentioned applicant proposed The input/output relation of the control module for amendment is made to optimize with the control module for evolution. There was a problem that it took time amount that study takes time amount since it was built so that the control module for amendment might learn the optimized input/output relation, and the optimized property is actually reflected in a controlled system, and there was also a problem that an operation also became complicated, and there was still room of an improvement. This invention aims at offering the overall-characteristic optimization approach that the

above-mentioned conventional trouble can be solved, and can make the optimized property reflect in a controlled system by single time amount, and an operation also becomes easy.

[0004]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, the overall-characteristic optimization approach concerning this invention is characterized by making the control parameter in the control module for control opted for the output relevant to the control input of a controlled system based on predetermined input usually optimize using a direct optimization technique. Said optimization technique may be the optimization which used heuristics. It can also update to the control parameter which had the control parameter of the control module for control the control module for optimization for performing said optimization usually optimized after said optimization processing [ in / it usually builds separately from the control module for control, and / said control module for optimization ] termination, and the control module for control can also be made to usually learn said optimized control parameter by this overall-characteristic optimization approach. Moreover, the control module for control can be equipped with the control module for control activation, and the control module for study, and after it learns said control parameter by which the control module for study was optimized in this case, it can usually replace the control module for activation, and the control module for study. The control module for optimization constituted further again so that the control parameter of the control module for control might usually be outputted based on predetermined input can usually be built separately from the control module for control, and the control parameter of the control module for control can also be made to usually optimize by making said control module for optimization optimize. Furthermore, when [ said ] a part of the control parameter [ at least ] is changed, the control module for control usually You may build using the algorithm which can predict whenever [ effect / which the modification has to other control parameters ]. Moreover, when a part of the control parameter [ at least ] is changed, you may build using the algorithm which can predict whenever [ effect / which the modification has to the output of a control module ], and may build further again using the algorithm with which the input/output relation becomes linearity. As said optimization technique, evolution mold calculus, the near heuristics, and/or a strengthening approach can be used. As evolution mold calculus, a genetic algorithm, an evolution strategy, or evolutionary programming can be used, and SHIMYURETEDDO annealing, hill climbing, a random walk, or a tab search will be able to be used as heuristics soon, for example, and Q learning or a KURASHI fire system can be used as a strengthening approach, for example. Moreover, the control module for control may be said control module which outputs the control input of a controlled system based on predetermined input, and said control module for usual control can usually make a user control input input in this case. Moreover, said controlled system may be a means to control the engine performance of the last controlled system which consists of the prime mover carried in the car, motors, or those combination, and, specifically, may be an electronic throttle. When a controlled system is an electronic throttle, the control module for control may usually be said control module which makes a throttle lever control input input and considers the control input of an inhalation air content change means as an output. Furthermore in this case, you may usually have the control module for control as the first-order-lag constant to which may be equipped with the control parameter about the static characteristic of the control input of the inhalation air content change means against the control input of a throttle lever, and the control parameter about the dynamic characteristics of the control input of the inhalation air content change means against the control input of a throttle lever is added to a throttle input, and/or an acceleration correction factor. Moreover, it may be the control module which outputs the amount of said amendments concerning [ the control module for control ] the control input of a controlled system usually based on predetermined input, or a correction factor, and said controlled system may be a means to control the engine performance of the last controlled system which consists of the prime mover carried in the car, motors, or those combination, and, specifically, may be an electronics control fuel injection equipment and a nonstep variable speed gear. For example, the control module for control may be a control module which in the case of an electronics control fuel injection equipment usually outputs the amount of said amendments of a change gear ratio [ in / usually based on predetermined input / in the control module for control / a nonstep variable speed gear ], or a

gear change rate, or a correction factor when said controlled system may be the control module which outputs the amount of said amendments of as opposed to the basic fuel oil consumption to said fuel injection equipment based on predetermined input, or a correction factor and a controlled system is a nonstep variable speed gear. Moreover, when said optimization can be performed based on the evaluation based on user volition, and/or the valuation basis set up beforehand and it sets up a valuation basis beforehand, a valuation basis may be set up based on the regulation to the criteria property of a controlled system and controlled system for example, accompanied by degradation with the passage of time. Furthermore, you may use setting up the valuation basis based on a regulation beforehand, building so that evaluation based on user volition can be performed within the limits of the valuation basis, and making a property optimize to one controlled system according to liking of a user if needed within the limits of a regulation etc. combining evaluation.

[0005]

[Embodiment of the Invention] The gestalt of operation of the overall-characteristic optimization approach (the optimization approach is only called hereafter.) concerning this invention is explained referring to some examples shown in the accompanying drawing hereafter. Drawing 1 - drawing 13 show the example which was adapted for the engine of a car, and nonstep variable speed gear control in the overall-characteristic optimization approach concerning this invention. Drawing 1 is the schematic diagram showing the relation between an engine 1 and the control unit 10 which performs the overall-characteristic optimization approach. Gaining good Mino DORABIRI nature and acceleration nature, this control device 10 is constituted so that the fuel consumption engine performance may be raised. In addition, in this specification, the "DORABIRI engine performance" means the thing [ as opposed to / a thing / throttle actuation ] of the engine performance of the response of engine power. As shown in a drawing, by a control device's 10 inputting information, such as an engine speed, inhalation-of-air negative pressure, an accelerator control input, atmospheric pressure, an intake-air temperature, and cooling water temperature, and operating a fuel injection equipment, an electronic throttle valve, and a nonstep variable speed gear based on these input, fuel oil consumption, an inhalation air content, and a change gear ratio are controlled, and optimum control aiming at coexistence of the DORABIRI engine performance, the acceleration engine performance, and the fuel consumption engine performance is performed. Drawing 2 is the outline block diagram of said control device 10. As shown in a drawing, this control unit 10 has an electronic throttle control section, the infinitely variable mechanism section, and a fuel-injection-equipment control section. An electronic throttle control section has the electronic throttle control module which determines the opening of an electronic throttle valve based on predetermined input, and the optimization processing section which optimizes the control parameter of said electronic throttle control module. The infinitely variable mechanism section has the infinitely variable mechanism module which determines the basic change gear ratio of a nonstep variable speed gear based on predetermined input (external world information in drawing 2 ), the module for change-gear-ratio amendment which determines the correction factor to said basic change gear ratio, and the optimization processing section which optimizes said module for amendment. A fuel-injection-equipment control section has the fuel-injection-equipment control module which determines basic fuel oil consumption based on predetermined input (external world information in drawing 2 ), the module for fuel-oil-consumption amendment which determines the correction factor to said basic fuel oil consumption, the optimization processing section which optimizes said module for amendment, and the evaluation section which performs evaluation of optimization operation part.

[0006] Said electronic throttle control module determines the opening of an electronic throttle valve based on a user's accelerator control input, as shown in drawing 3 R> 3. In addition, both the information on actual "accelerator include angle" and the information on "variation of an accelerator" are included with the "accelerator control input" in this specification. Here, when the property of an electronic throttle valve is explained briefly, an electronic throttle valve has the static characteristic and the two properties of dynamic characteristics. The former is a property produced from the relation between an accelerator include angle and an electronic throttle valve, and influences the stationary transit property of a car. Drawing 4 is a graph which shows the example of the static characteristic of



some throttles. Thus, by changing the static characteristic, when an accelerator include angle is small, an electronic throttle valve opens greatly. The low opening sudden acceleration mold which the throttle valve converges on full open gradually as an accelerator include angle becomes large, The high opening sudden acceleration mold which will be rapidly opened to full open if a throttle valve opens gradually and an accelerator include angle becomes large while an accelerator include angle is small, The proportionality mold with which the accelerator include angle is proportional to throttle opening can obtain various throttle opening now at the same accelerator include angle by setup. this static characteristic -- increase of an accelerator include angle -- taking -- throttle opening -- increase -- or -- eternal -- \*\*\*\*ing -- various various functions can be obtained now. In addition, in this example, the static characteristic is optimized by optimizing the rate SP 2 of throttle-valve opening with a rate SP 1 of throttle-valve opening, and 20 - 100% o'clock [ of throttle opening ] of 0 - 20% o'clock [ of throttle opening ]. Moreover, the latter of the property of an electronic throttle valve, i.e., dynamic characteristics, is the property produced from the change rate of the throttle valve to the change rate of an accelerator, and it influences the transient characteristic of a car. By combining first-order lag and inexact differential, this property may specifically be constituted so that the change rate of the throttle to the change rate of an accelerator can be changed. Thus, as by combining first-order lag and inexact differential shows to drawing 5 , although some spike is produced to the low type of the response which a throttle opens comparatively slowly to accelerator actuation, and accelerator actuation, various dynamic characteristics, such as a high type of the response which changes sharply and a throttle opens, or a type which is both middle extent, comes to be acquired. In addition, in this example, dynamic characteristics is optimized by optimizing the first-order-lag time constant DR and the acceleration correction factor AG. For example, evolution mold calculus is used for the optimization processing section in an electronic throttle control section, as an optimization operation, as shown in drawing 6 R> 6, it codes said control parameter (it is the acceleration correction factor AG to the delay time constant DR and a list the rates SP1 and SP2 of throttle-valve opening, and temporarily) in an electronic throttle control module as one individual, and it optimizes these control parameters using evolution mold calculus. It is constituted so that a user may perform evaluation of the value of each control parameter under optimization processing based on the actually felt DORABIRI engine performance, consequently each control parameter in an electronic throttle control module is optimized according to evaluation of a user, and the property (DORABIRI property) of the optimal electronic throttle suitable for evaluation of a user comes to be acquired. Thus, how a user performs evaluation in optimization processing is called interactive evaluation on these specifications. In addition, although the static characteristic and dynamic characteristics are collectively made into one individual and the whole combination is made to optimize in this example, otherwise, some technique can be considered as follows.

1. An operator sets up beforehand and makes only dynamic characteristics optimize about the static characteristic.

2. Make the static characteristic and dynamic characteristics optimize independently separately.

3. Evolve the static characteristic previously, fix and make dynamic characteristics optimize.

[0007] An infinitely variable mechanism module outputs the basic change gear ratio to predetermined input (for example, whenever [ vehicle speed and throttle valve-opening ]) based on a basic change-gear-ratio map. The module for change-gear-ratio amendment consists of neural networks who output the correction factor to said basic change gear ratio based on predetermined input (for example, whenever [ vehicle speed and throttle valve-opening ]). As an optimization operation, for example, evolution mold calculus is used for the optimization processing section in the infinitely variable mechanism section, it codes the coupling coefficient (control parameter) of the neural network who constitutes said module for change-gear-ratio amendment, generates an individual, and optimizes these coupling coefficients (control parameter) using evolution mold calculus. It is constituted so that a user may perform evaluation of the value of each control parameter under optimization processing based on the actually felt feeling of acceleration, consequently the control parameter of the module for change-gear-ratio amendment is optimized according to evaluation of a user, and the property (acceleration nature) of the optimal nonstep variable speed gear suitable for evaluation of a user is acquired.

[0008] The fuel-injection-equipment control module is equipped with the fuel-oil-consumption decision section which determines the basic fuel oil consumption of a fuel injection equipment based on the order model of the engine modeled using feedforward control logic with a learning function, and the output and target air-fuel ratio of this order model as shown in drawing 7. Said target air-fuel ratio is computed by the target air-fuel ratio calculation section based on an engine speed and throttle opening. The module for fuel-oil-consumption amendment inputs throttle opening and an engine speed, as shown in drawing 8 (a), and it consists of the neural network who outputs a correction factor, multiplication is carried out to the basic fuel oil consumption to which the correction factor obtained here is outputted from said fuel-injection-equipment control module, and final fuel oil consumption is obtained. As an optimization operation, for example, evolution mold calculus is used for the optimization processing section in a fuel-injection-equipment control section, as shown in drawing 8 (b), it codes the coupling coefficient of the neural network who constitutes the module for fuel-oil-consumption amendment, generates an individual, and it optimizes these coupling coefficients (control parameter) using evolution mold calculus. It is constituted so that the evaluation section to which the fuel consumption used as a target was set may perform evaluation of the value of each control parameter under optimization processing, consequently the coupling coefficient (control parameter) of the module for fuel-oil-consumption amendment is automatically optimized towards the fuel consumption used as a target, and the optimal fuel consumption property comes to be acquired. Thus, the evaluation section designed beforehand performs evaluation in an optimization operation, and the approach of enabling it to optimize automatically is called autonomous mold evaluation on these specifications.

[0009] Next, the optimization processing in an electronic throttle control section, the above-mentioned infinitely variable mechanism section, and the above-mentioned fuel-injection-equipment control section is explained. Drawing 9 is a flow chart which shows the flow of the optimization processing of the control-device 10 whole. As mentioned above, in this control unit 10, in case optimization processing is performed, interactive evaluation is used about an electronic throttle control section and the infinitely variable mechanism section, and the autonomous mold is used about the fuel-injection-equipment control section. Since the flow of optimization processing differs when the evaluation approaches differ, it divides into the optimization processing which adopted the interactive evaluation approach, and the optimization processing which adopted the autonomous mold evaluation approach, and the following explanation explains.

[0010] a. As shown in optimization processing drawing 9 in an electronic throttle control section and the infinitely variable mechanism section The control parameter which the control module set as the object of the optimization in introduction each control section optimizes (in the case of an electronic throttle control module) It is the static characteristics SP1 and SP2 and dynamic characteristics DR and AG, and in the case of the module for change-gear-ratio amendment, it determines at random within limits which determined beforehand the initial value of the coupling coefficient of the neural network which constitutes it, and it generates the 1st generation which consists of two or more initial individuals (step 1-1). And it test-rides using the parameter of which [ of the 1st generation ] individual (step 1-2), and a user inputs the evaluation value over the individual (step 1-3). When it judges whether good Mino DORABIRI nature or acceleration nature was obtained (step 1-4) and it is judged based on said evaluation value that it was obtained, evolution processing is ended, and when not obtained, it judges whether a trial ride and evaluation were completed to all the individuals of one generation (step 1-5). When the trial ride and evaluation to all individuals are not completed, the parameter of a control module is changed into the thing of another individual (step 1-6), and it is made to test-ride again (step 1-2). Moreover, when the trial ride and evaluation to all individuals are completed, it goes into an evolution mold count module (step 1-7), a next-generation population is generated, and the trial ride and evaluation using a parameter of those individuals are performed again. These processings are repeatedly performed until good Mino DORABIRI nature or acceleration nature is obtained, consequently the parameter of an electronic throttle control module and a change-gear-ratio correction-factor module is optimized. Here, a carbon button etc. realizes the input device of the evaluation value which can operate it during operation so that a user can intervene in evolution if the interactive mode is explained about

evaluation of \*\*\*\*\* DORABIRI nature and acceleration nature. A user inputs the evaluation value of the individual which test-ride by pushing this carbon button after a trial ride. An evaluation value is decided based on the die length of the time amount which pushed the carbon button. There are an approach of specifically multiplying the inverse number of the pushed time amount by the fixed multiplier and the approach of computing using a fuzzy rule. By carrying out like this, even if ambiguity is in evaluation of human being, an evaluation value is acquired with a certain amount of accuracy, and a user can use the evolution technique interactively. Moreover, when a carbon button is pushed exceeding fixed time amount, the individual under evaluation can also be switched to the following individual at the time. By carrying out like this, a user can evolve now into a high speed by the ability changing immediately an individual with the property of not being pleased. Moreover, a switch of an individual is performed whenever the car has stopped. This is effective in order to eliminate the effect by a throttle property changing suddenly during transit.

[0011] b. As shown in optimization processing drawing 9 in a fuel-injection control section, determine at random within limits which first determined beforehand the initial value of the control parameter (coupling coefficient of the neural network where it is built in the case of the module for fuel-oil-consumption amendment) which the control module set as the object of the optimization in each control section optimizes, generate the 1st generation which consists of two or more initial individuals, and perform fuel consumption count (step 2-1) to all the individuals of the 1st generation (step 2-2). Here, if fuel consumption count is explained briefly, about a fuel-injection control evolution module, two or more individuals are operated-like in parallel in false by time sharing, and the evaluation value in the sum total of the period is compared. as shown in drawing 10 , specifically, fuel consumption, i.e., an evaluation value, is computed about ten individuals by performing every control during 1 minute and breaking the total mileage within 20 cycle repeat and an evaluation period by fuel consumption by making this into 1 cycle. Since the effect by a difference and climb include angle of a gear position is arranged as total with an each object, carrying out like this can estimate the property of an each object impartially. Based on the fuel consumption (namely, evaluation value) of the each object acquired by the above-mentioned fuel consumption computation (step 2-2), it evaluates whether it is the optimal fuel consumption property (step 2-3), and judges whether the optimal fuel consumption has been gained as a result of evaluation (step 2-4). And when the optimal fuel consumption is obtained, optimization processing is ended, when not obtained, it goes into an evolution mold count module (step 2-5), and a next-generation population is generated.

[0012] Here, some examples of an evolution mold count module are explained.

a. Genetic algorithm (GA)

Drawing 11 is the outline flowchart of the evolution mold count module at the time of using a genetic algorithm as evolution mold calculus. By this module, after the termination of evaluation of all individuals of one generation, when a favorite property is not acquired, a next-generation population is generated. About a scaling (step 1), linear transformation of fitness is performed so that the ratio of the maximum fitness in a population and average fitness may become fixed. About selection (step 2), the roulette selection method chosen in establishment in proportion to a user's evaluation value (fitness) may be adopted. Moreover, the tournament selection which chooses a thing with the best evaluation value in n individuals chosen at random can also be used. There is technique, such as one-point decussation, two-point decussation, or normal-distribution decussation, in decussation (step 3). Although it may also happen that the parents of the selected decussation are the same immobilization, if this is left, the versatility as a population will be lost. For this reason, when the parents chosen as decussation are the same individuals, it changes for the individual as which others were chosen, and as long as possible, decussation of the same individual is avoided. About mutation (step 4), it is a probability fixed about each locus of an individual, and a value is changed at random. The method of adding the perturbation which follows normal distribution in addition to this is also considered. Mutation is produced in a probability higher than usual about both parents who \*\*\*\*\* and they see hereditarily also from having chosen a different individual as parents of decussation, and cross in being completely the same. Moreover, the technique of the alternation of generations called "playback" which replaces all the

individuals of time cost other than the above at once can also be used. furthermore, since there was a possibility of destroying the high individual of evaluation when an alternation of generations is applied strictly, the elite preservation strategy of leaving the elite (highest individual of evaluation) unconditionally to the next generation was doubled -- it can use.

[0013] b. Evolution strategy (ES)

Drawing 12 is the outline flowchart of the evolution mold count module at the time of using an evolution strategy as evolution mold calculus. By this module, after the termination of evaluation of all individuals of one generation, when a favorite property is not acquired, a next-generation population is generated. Since the method of selection changes with classes of evolution strategy about selection (step 1), two kinds of typical technique is explained here. (mu, lambda)-ES In the case of the evolution strategy called, mu individual is definitely chosen from the child individual of lambda individual generated from the parent individual of mu individual sequentially from the good thing of fitness. (Micro+lambda) -ES In the case of the evolution strategy called, mu individual is definitely chosen sequentially from the good thing of fitness from the populations which doubled the parent individual of mu individual, and the child individual of lambda individual. There is the following technique other than the above in an evolution strategy, and in using these, it performs the method of the selection doubled with such technique.

- 1 1-ES : random walk (RW)

- 1+1-ES : hill climbing (HC)

- 1, lambda-ES, heuristics near (1+lambda)-ES: and (mu+1) -ES : although normal-distribution decussation is used about continuation generation mold multipoint heuristics decussation (step 2), it is good in inheriting parents' value for every parameter also considering the middle point, an internally dividing point, and an externally dividing point as a child's value. About mutation (step 3), the perturbation which follows normal distribution to each parameter is added. At this time, distribution of normal distribution may adjust for every parameter, and may give correlation between parameters. Since each parameter is used for the evolution strategy (ES) explained above with a real number value, it has the advantage that the conversion to genotype from phenotype like a genetic algorithm becomes unnecessary. Moreover, parents' characteristic can be made to reflect strongly in a child's characteristic the binary code and Gray code which may set to a genetic algorithm and are used by using the decussation technique in consideration of the continuity of the real numbers, such as normal-distribution decussation, rather than one-point decussation or the thing which carries out multipoint decussation.

[0014] c. Evolutional programming (EP)

Drawing 13 is the outline flowchart of the evolution mold count module at the time of using evolutionary programming as evolution mold calculus. Let the number which won [ individual / of 2micro individual which doubled the individual after adding an individual and a perturbation before adding an individual perturbation when the number of solid-states was mu individual ] about the scaling (step 1) as compared with q individuals chosen as random, respectively be the fitness of the individual. Selection (step 2) chooses mu individual sequentially from the good thing of fitness from the generated populations. Although selection is deterministic, since the scaling is probable, selection becomes probable substantially. Evolutional programming (EP) explained above has the advantage that the conversion to genotype from phenotype like a genetic algorithm becomes unnecessary in order to use each parameter with a real number value. Moreover, since decussation is not used, there is no constraint in phenotype. A genetic algorithm does not have to make a parameter the shape of a string like an evolution strategy, and the tree structure etc. is sufficient as it.

[0015] Although the above-mentioned example has explained the example which used evolution mold count as an optimization technique, the optimization technique used for the optimization processing section can use various technique, without being limited to this. Below, some examples of optimization techniques other than evolution mold count are explained.

[0016] 1. the near heuristics -- here, the example which adopted as each optimization processing section in drawing 2 the approach which combined SHIMYURE Ted annealing (SA) and a taboo search (TABU) will be explained as an example of heuristics soon. Drawing 14 shows the flow of the whole

control at the time of using the near heuristics which combined SA and TABU. An initial parameter group is generated within introduction and limits decided beforehand (step 1), it test-rides using the initial parameter group (or fuel consumption count) (step 2), and the evaluation value over the result is inputted (step 3 (or it computes)). And it judges whether it is the no from which good Mino DORABIRI nature and acceleration nature (or optimal fuel consumption) were obtained (step 4), and when not obtained, it will go into a retrieval module soon (step 5). Drawing 15 is the outline flowchart which will show processing of a retrieval module soon. It judges about whether evaluation of the introduction perturbation solution is higher than evaluation of a former solution (step 1). When evaluation of a perturbation solution is higher than evaluation of a former solution Judge whether the solution belongs to a keepout area (TABU) (step 2), and in not being TABU, it adds to a TABU list. Although a perturbation solution is moved to a former solution (step 3), immediately after initiation of optimization processing A former solution does not exist, since a TABU list is also empty, the solution of an initial parameter group is set as a former solution, it is added to a TABU list (step 3), and it is judged after that whether temperature is fully low (step 4). A temperature schedule is designed so that temperature is high in an initial state so that, as for an initial state, the retrieval region of retrieval may usually become local in the end globally, although the temperature schedule as for which a state transition becomes are carried out by the probability for a state transition to be also high when temperature is high in SHIMYURE Ted annealing, and is hard to be performed when temperature is low is designed beforehand and searched according to the temperature schedule, and temperature may become low to \*\*\*\* towards the final stage. Therefore, since temperature is high immediately after initiation of optimization processing, generation of a perturbation solution is performed, without carrying out forced termination (step 5), and a temperature parameter is updated according to a temperature schedule (step 6). Generation of a perturbation solution is an average of 0 and distributed sigma2 independently to each component of a current parameter group. It is generated by adding the perturbation according to normal distribution N (0 sigma2). sigma is fixed, or changes accommodative according to a retrieval situation, or a user sets it up freely according to a situation. If the processing shown in drawing 14 using the perturbation solution when a perturbation solution is generated, i.e., a trial ride, (or fuel consumption count) (step 2), and evaluation (step 3) are performed and good Mino DORABIRI nature or the optimal fuel consumption is not gained with the perturbation solution, it will go into a retrieval module again soon (step 5). By the retrieval module, it will judge whether evaluation of a perturbation solution is higher than evaluation of a former solution soon (step 1). In being higher than a former solution The perturbation solution judges whether it is TABU (step 2), and if it is not TABU, it will add to a TABU list. Set the perturbation solution as a former solution (step 4), judge whether temperature is fully low (step 4), if fully low, will force to terminate, evolution processing is made to finish, and if temperature is not fully low, a new perturbation solution is generated. By decision of the above mentioned step 1, when evaluation of a perturbation solution is lower than evaluation of a former solution, according to temperature, a perturbation solution is set as a former solution probable (step 6). That is, the more temperature is high, since it searches globally, the more it moves also to a perturbation solution side with evaluation lower than a former solution, but if it becomes in the end and temperature becomes low, since local retrieval will be performed, it does not move to a perturbation solution side with evaluation lower than a former solution. The above-mentioned processing is repeatedly performed until it gained good Mino DORABIRI nature and acceleration nature, or the optimal fuel consumption, or temperature has fully fallen and it is forced to terminate. This performs local retrieval to \*\*\*\* from global retrieval, and the optimum value of a parameter is discovered.

尚、摂動解が元解に移動する確率  $p$  は、元解の評価値を  $E(x)$ 、摂動解の評価値を  $E(x')$ 、これらの差  $(E(x) - E(x'))$  を  $\Delta E$ 、 $\tau$  を温度パラメータ値として、 $\Delta E < 0$  の場合、即ち、摂動解の評価値が元解の評価値より高い場合には、移動確率  $P = 1$  (即ち、100%) とし、それ以外の場合の移動確率  $P$  は次式で求める。

$$p = \exp\left(-\frac{\Delta E}{\tau}\right)$$

初期パラメータを  $\tau_0$  として、下記のような温度スケジュールを用いて  $\tau$  を更新していく。

$$\tau = \alpha \times \tau \quad (\text{ここで、}\alpha \text{ は、} 0 < \alpha < 1 \text{ の定数})$$

また、温度パラメータ  $\tau$  の初期値  $\tau_0$  は、使用者が最適化を行いたい時間や評価回数を基に設定される。使用者が気に入るまで評価を行いたいときには  $\tau$  を無限大としたランダムウォークを用いる。このように、 $\tau$  を無限大に固定すると、 $\Delta E$  がどのような値でも移動確率  $P$  は常に 100% となり、局所解にとらわれずに探索を続けることになる。

In using this SHIMYURE Ted annealing especially for interactive optimization, it inputs into it whether it is bad whether the evaluation of this parameter group of which is good as relative evaluation value \*\*E on the basis of evaluation of the last parameter group, and decides migration of a perturbation solution to be it based on this. In addition Although the approach which combined SHIMYURE Ted annealing and a taboo search as heuristics was mentioned as the example in the above-mentioned example soon, of course, SHIMYURE Ted annealing and a taboo search may be used independently. [0017] 2. A strengthening approach, next the example using the strengthening approach as optimization processing are shown in drawing 16. Drawing 16 is a flow chart which shows processing of a strengthening study module roughly, replaces this strengthening study module with the evolution mold count module or the near retrieval module in drawing 9 or drawing 14, and it is used. This approach chooses from an environment first the Ruhr which can be performed to an input. next, the Ruhr to perform -- being probable (it changing with types of strengthening study) -- it determines and a parameter group is outputted based on the Ruhr. Remuneration is given based on the result of having operated the parameter group, and the Ruhr is strengthened. When using this especially for interactive optimization, evaluation by the user is given as remuneration. In addition, the probability for the succeeded Ruhr to be used in order that there may be an experience strengthening mold and an environmental identification mold in this strengthening approach and the former may think remuneration as important becomes high, and in order that the latter may acquire an optimal policy (function which gives the Ruhr which should be performed to an input), in order to think environmental identification as important, the probability for the Ruhr which is not used to be used becomes high.

[0018] 3. Learning-Algorithm + Evolution Mold Count (or Near Heuristics)

Next, the example using the combination of learning algorithm and evolution mold count as optimization processing is shown in drawing 17. Drawing 17 is a flow chart which shows roughly processing of a study + evolution mold count module, replaces this study + evolution mold count

module with the evolution mold count module or the near retrieval module in drawing 9 or drawing 14 , and it is used. Input/output relation is optimized using evolution mold count or the near retrieval technique by making into a parameter group the degree of coupling of the neural network which constitutes the control module which made throttle opening input and made the throttle property the print-out from this approach, and the fuzzy rule of a fuzzy system.

[0019] 4. Heuristics near Evolution Mold Count + (Change-over Mold)

Next, the example using the approach which combined evolution mold count and the near heuristics switchable as optimization processing is shown in drawing 18 . Drawing 18 is a flow chart which shows the outline of processing of a retrieval-near evolution mold count + change-over mold module, replaces this retrieval-near evolution mold count + change-over mold module with the evolution mold count module or the near retrieval module in drawing 9 or drawing 14 , and it is used. Since according to this approach global retrieval is performed by evolution mold count, it will switch to the \*\*\*\* method in the phase converged to some extent soon and local retrieval is performed, efficient optimization is attained.

[0020] 5. Heuristics near Evolution Mold Count + (Compound Die)

Next, the example using the approach which combined evolution mold count and the near heuristics complexly as optimization processing is shown in drawing 19 . Drawing 19 is the outline flowchart of a study + evolution mold count compound-die module, and this study + evolution mold count compound-die module is replaced with and used for the evolution mold count module or the near retrieval module in drawing 9 or drawing 14 . By this approach, local retrieval by heuristics will be performed to the individual of evolution mold count soon, and since evolution using a genetic algorithm is performed by making the obtained local solution into an individual, efficient optimization is attained.

When Reference is Simply Made about Example Using Approach Which Combined Evolution Mold Count and Tab Search with the Evolution Mold Count + Taboo Search Last as Optimization Processing, Next, 6. In this Way By recording the individual which evolution mold count generated and was screened by combining evolution mold count and a taboo search on a tab list, and forbidding the appearance of the recorded individual Evaluating the same individual repeatedly can be lost and the burden to a user can be decreased now.

[0021] Like each example explained above, when a controlled system optimizes to those with two or more, and each control module, respectively, the optimization processing section may be built for every control module to evolve. Moreover, without being limited to the combination of the above-mentioned example, the evaluation approach of each optimization processing section in this case may use either the interactive mode or an autonomous mold, and such combination is sufficient as it. Moreover, when a control module builds an optimization module to those with two or more, and each in this way, there are some in which change of a property influences each other mutually as resemble the relation of a controlled system, and optimization of a property may be traded off. Even if the control module which, as for the engine and crane in a truck crane, makes a controlled system the control module which makes an engine fuel injection equipment a controlled system fundamentally since both operating characteristic does not influence each other, and a crane is built in the same control device, specifically, each control module can be optimized respectively, without making it cooperate. However, if make the fuel injection equipment and electronic throttle equipment in the same engine into a controlled system, the former control module is optimized so that fuel consumption may improve, a response will worsen for example, if it is going to optimize the latter control module so that a response may improve and fuel consumption will become good, and a response becomes good, fuel consumption may worsen. In such a case, the optimization processing between two or more control modules is made to cooperate. When either the autonomous mold optimization approach or the interactive optimization approach is used for the optimization module of all control modules, specifically - By optimizing other control modules so that the acquired property may be improved or maintained, after optimizing one control module [ whether it enables it to make the property of other controlled systems optimize within the limits of the optimal property of one controlled system, and ] By or the thing optimized for every fixed spacing so that the property which gained the control module of - plurality to each other may be improved or maintained [ whether the directivity of optimization of each control module is restricted and it enables it to raise the



property of two or more controlled systems in a short time, and ] or - by optimizing other control modules in juxtaposition so that the property which the control module acquired during one optimization of a control module may be improved or maintained Raising the property of one controlled system [ whether the suitable property of other controlled systems is acquired, and ] Or the directivity of optimization of each control module is restricted and it enables it to raise the property of two or more controlled systems in a short time by optimizing in juxtaposition so that the property from which each gained the control module of - plurality may be improved or maintained. moreover, in using for the optimization module of two or more control modules combining both the autonomous mold optimization approach and the interactive optimal approach - After optimizing a certain control module with the optimization control module using the interactive optimal approach, with the optimization control module using the autonomous mold optimal approach so that the acquired property may be improved or maintained [ whether it enables it to make the property of other controlled systems optimize by optimizing other control modules within the limits of the optimal property of the controlled system acquired by the interactive optimization approach, and ] After optimizing a certain control module with the optimization control module using the - autonomous mold optimal approach, with or the optimization control module using the interactive optimal approach so that the acquired property may be improved or maintained [ whether it enables it to make the property of other controlled systems optimize by optimizing other control modules within the limits of the optimal property of the controlled system acquired by the autonomous mold optimization approach, and ] By or the thing repeated for every fixed spacing so that the property which gained the optimization control module using the - interactive optimal approach and the optimization control module using the autonomous mold optimization approach to each other may be improved or maintained [ whether the directivity of optimization of each control module is restricted and it enables it to raise the property of two or more controlled systems in a short time, and ] By or the thing for which optimization processing in the optimization control module using the autonomous mold optimization approach is performed in juxtaposition so that the property acquired during the optimization processing in the optimization control module using the - interactive optimal approach may be improved or maintained Raising the property of one controlled system by the interactive optimization approach [ whether the suitable property of other controlled systems is acquired by the autonomous mold optimization approach, and ] By or the thing for which optimization processing in the optimization control module using the interactive optimization approach is performed in juxtaposition so that the property acquired during the optimization processing in the optimization control module using the - autonomous mold optimal approach may be improved or maintained Raising the property of one controlled system by the autonomous mold optimization approach [ whether the suitable property of other controlled systems is acquired by the interactive optimization approach, and ] Or the directivity of optimization of each control module is restricted and it enables it to raise the property of two or more controlled systems in a short time by optimizing in juxtaposition so that the property from which each gained the control module of - plurality may be improved or maintained. Even when it is lost and has two or more control modules, that optimization is traded off between control modules by making optimization of two or more control modules cooperate by the above approaches can make it cooperate mutually, and it can make it optimize for a short time. In addition, although it cannot be made to cooperate mutually, if two or more control modules are processed independently in juxtaposition in this way by performing optimization processing independently in juxtaposition, the versatility of optimization can be expanded and emergent effectiveness can be expected.

[0022] The basic control module which determines the control input to a controlled system in the example explained above based on predetermined input (An electronic throttle control module [ in / specifically / drawing 2 ]), or the control module for amendment (specifically, it can set to drawing 2 -- the module for change-gear-ratio amendment) which determines the correction factor to the control input of a controlled system based on predetermined input Or initial parameter groups, such as an individual, are directly generated from the control parameter of the module for fuel-oil-consumption amendment. Although the overall-characteristic optimization approach updated one after another to the



control parameter which the control parameter was optimized [ control parameter ] by the optimization technique and had the control parameter of a basic control module or the control module for amendment optimized is explained The overall-characteristic optimization approach concerning this invention, without being limited to the above-mentioned example Usually, if it is the approach of making the control parameter of the control module for control optimizing directly, of course, are good by the approach of arbitration. for example, when the control module for a. usual control is a control module for amendment which outputs the amount of amendments to the output of a basic control module Usually, the control module for optimization with a control parameter equivalent to the control module for control (control module for amendment) is prepared. After making the control parameter in this control module for optimization optimize Usually, an approach which is updated to the control parameter which had the control parameter of the control module for control (control module for amendment) optimized may be used (refer to drawing 20 ). b. It is the control module for amendment with which the control module for control usually outputs the amount of amendments to the output of a basic control module. furthermore, when it has the module for study, and the module for activation Usually, the control module for optimization with a control parameter equivalent to the control module for control (control module for amendment) is prepared. After making the control parameter in this control module for optimization optimize Usually, the control parameter optimized by the module for study in the control module for control (control module for amendment) is made to learn. After study of the module for study is completed, the approach that the module for study and the module for activation are replaced may be used (refer to drawing 21 ). c. The initial value of the control parameter of the control module for control is usually decided beforehand. When you may constitute so that the amount of amendments or correction factor of the initial value may be optimized using an optimization technique (refer to the drawing 2222 ), and the linear function is used as a control module for d. usual control The approach of making a control parameter optimizing may be used by preparing the control module for optimization constituted so that the control parameter of the control module for control might usually be outputted based on predetermined input, and making this control module for optimization optimize (refer to drawing 23 ).

In addition, in the case of the above-mentioned approach d, the module for optimization may be built how, but the Ruhr may be optimized when the coupling coefficient or its input/output relation may be optimized when the module for optimization is built for example, in the neural network which usually outputs the control parameter value of the control module for control based on predetermined input, and said module for optimization is built by fuzzy reasoning. In addition, a basic control module or the control module for amendment is sufficient as the control module for usual control in the above-mentioned approaches c and d.

[0023]

[Effect of the Invention] As explained above, since the control parameter of the control module for control is usually optimized using a direct optimization technique, the overall-characteristic optimization approach concerning this invention does so the effectiveness of the ability to make now the optimized property which is opted for the output relevant to the control input to a controlled system based on predetermined input reflect in a controlled system by single time amount. Moreover, although the study in the control module for control was usually indispensable in order to make the optimized input/output relation usually reflect in the control module for control by the optimization approach of making the input/output relation in the conventional control module for usual control optimizing Since the overall-characteristic optimization approach concerning this invention usually optimizes the control parameter of the control module for control directly In not learning by study becoming less indispensable to make the control parameter made to optimize usually reflect in the control module for control, an operation becomes easy and it does so the effectiveness that the amount of memory is also stopped by minimum. Moreover, when making an electronic throttle into a controlled system according to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 18 of this invention Since the input and control input of said control module are made into a throttle lever control input and the control input of an inhalation air content change means and this control module is made to optimize A RIN spike can be

decreased, and fuel consumption and the exhaust gas engine performance can be raised now, and the effectiveness that the operational characteristics of a car can be changed now according to liking of a user is done so. Furthermore, since according to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 19 of this invention said control module has the information about the static characteristic of the control input of the inhalation air content change means against a throttle lever control input and optimizes the information about said static characteristic by said optimization technique, the effectiveness that the operational characteristics at the time of stationary transit can be optimized now is done so. According to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 20 of this invention, further again Said control module the information about the dynamic characteristics of the control input of the inhalation air content change means against a throttle lever control input Since the information about dynamic characteristics is optimized by having as an algorithm which applies a delay constant and/or an acceleration correction factor to a throttle input temporarily, and changing a delay constant and/or an acceleration correction factor by said optimization technique temporarily [ said ] The effectiveness that the transient movement property of a car can be optimized now is done so. Moreover, since it builds so that fuel oil consumption [ in / for said control module / said fuel injection equipment ] may be outputted based on predetermined input and this control module is made to optimize according to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 26 of this invention when making an electronics control fuel injection equipment into a controlled system, an engine performance, the fuel consumption engine performance, the exhaust gas engine performance, etc. can be optimized. Furthermore, since according to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 27 of this invention the I/O information of said control module is built as a throttle lever control input and a change gear ratio in a nonstep variable speed gear and this control module is optimized when making a nonstep variable speed gear into a controlled system, it becomes possible to optimize a torque output, the fuel consumption engine performance, etc. Moreover, since according to the overall-characteristic optimization approach concerning claim 28 of this invention the I/O information of said control module is built as a throttle lever control input and a gear change rate in a nonstep variable speed gear and this control module is optimized when making a nonstep variable speed gear into a controlled system, the acceleration feeling of a car can be optimized.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

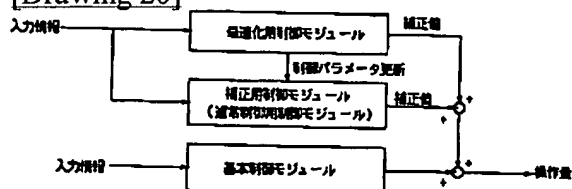
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

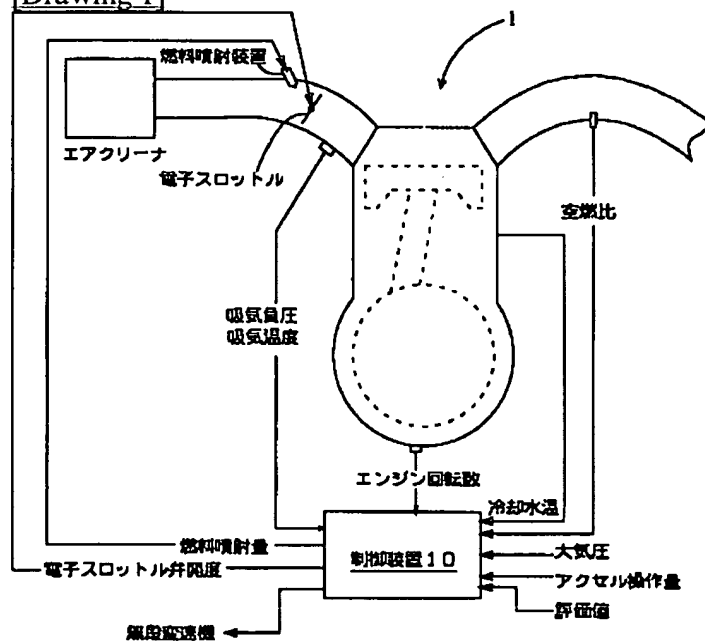
[Drawing 6]

SP <sub>1</sub>	SP <sub>2</sub>	DR	AG
-----------------	-----------------	----	----

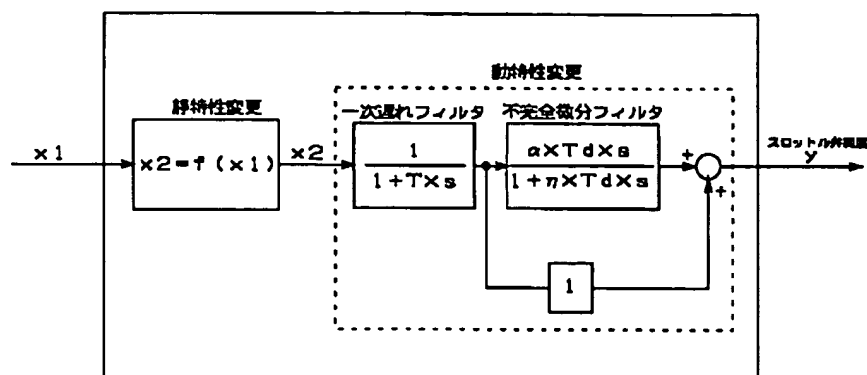
[Drawing 20]



[Drawing 1]

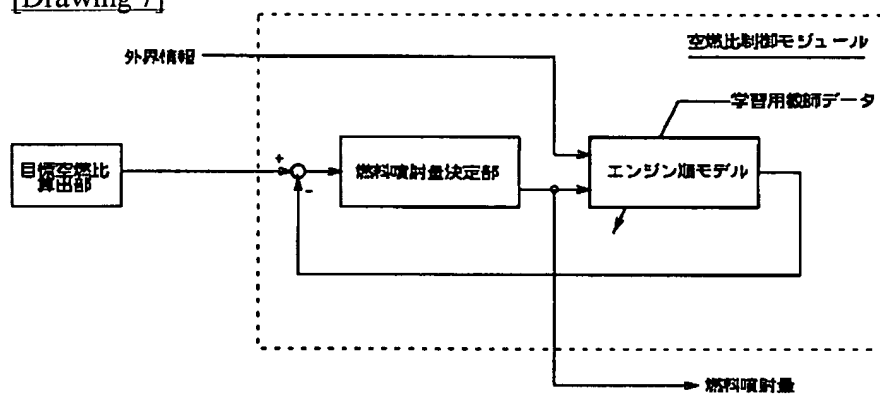


[Drawing 3]

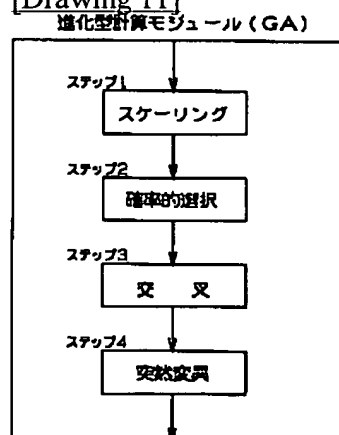


$x_1$  : スロットル入力       $T$  : 一次遅れ時定数 (DR)  
 $x_2$  : 仮想スロットル入力     $T d$  : 微分時間  
 $y$  : スロットル弁開度       $\alpha$  : 加速補正係数 (AG)  
 $f$  : 静特性関数             $\eta$  : 微分ゲイン

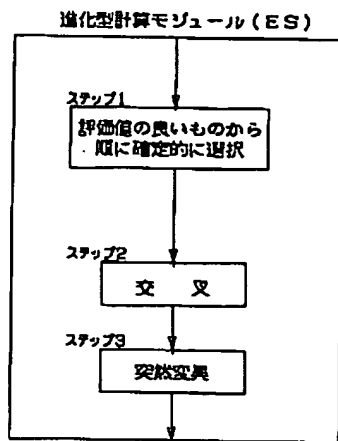
[Drawing 7]



[Drawing 11]

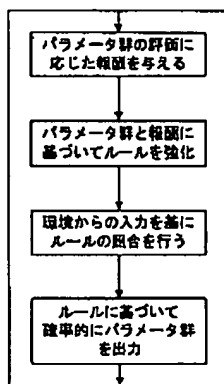


[Drawing 12]

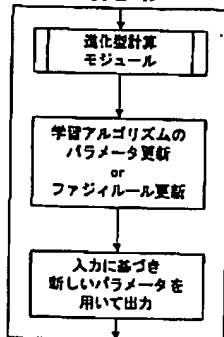


[Drawing 16]

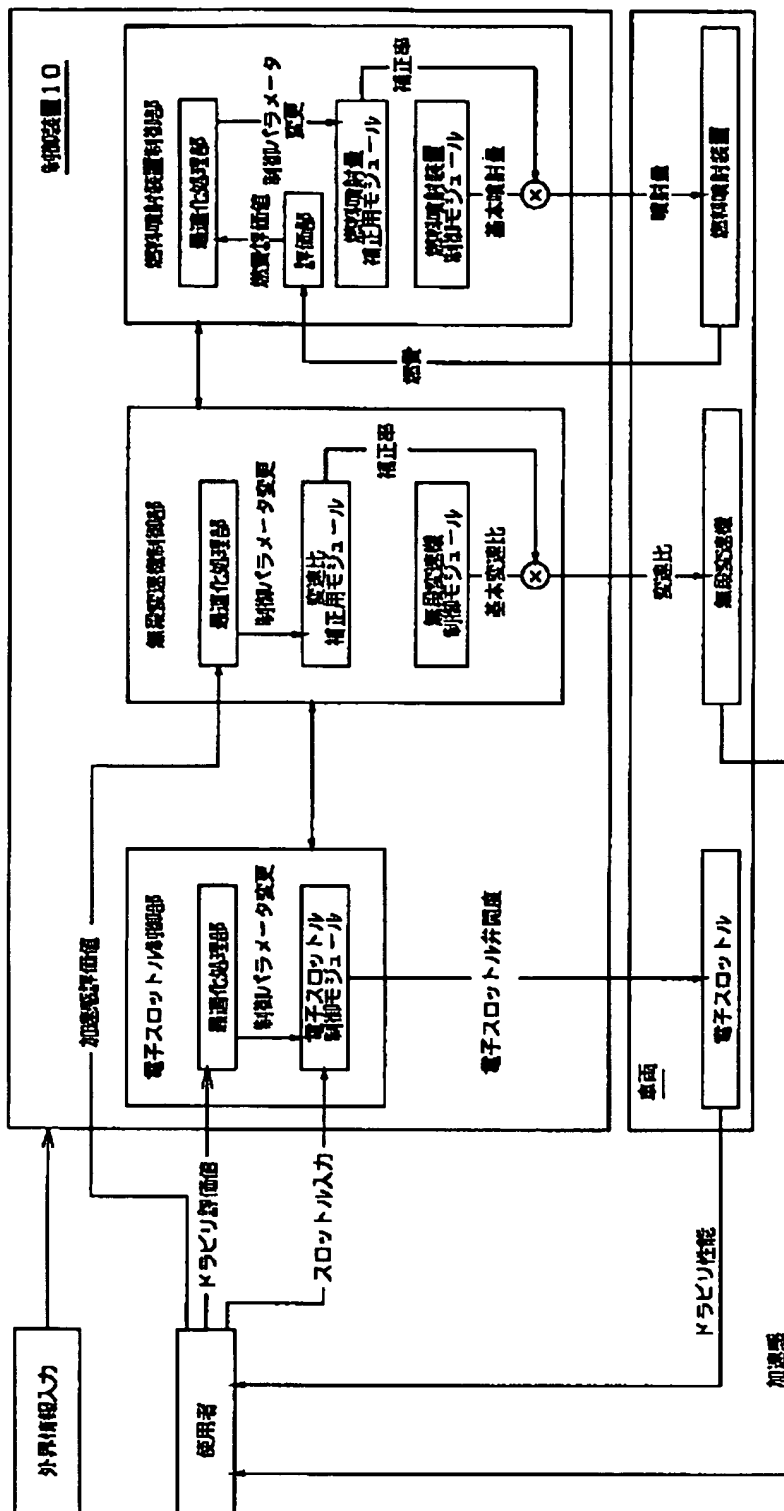
強化学習モジュール



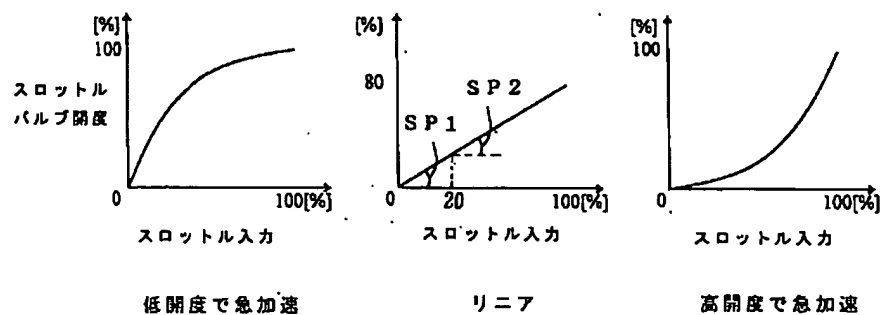
[Drawing 17]

学習+進化型計算  
モジュール

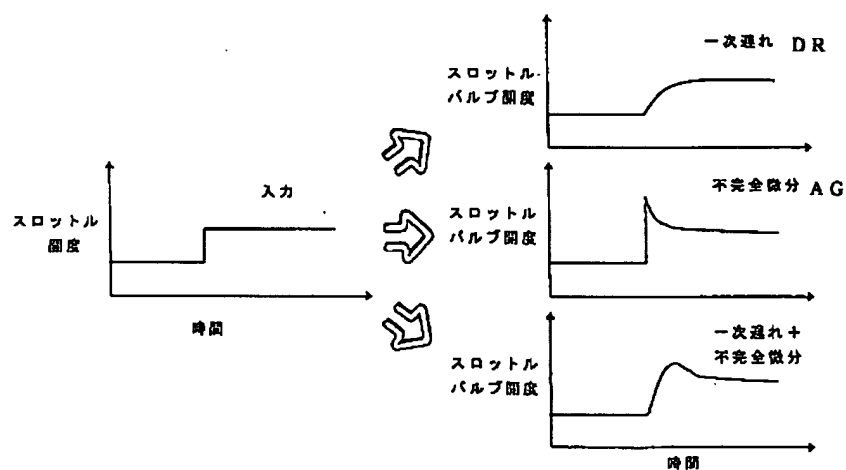
[Drawing 2]



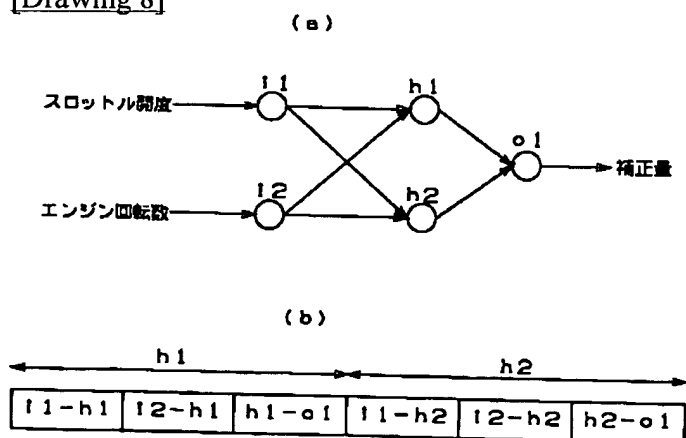
[Drawing 4]



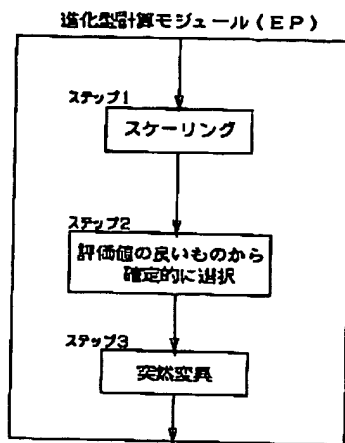
[Drawing 5]



[Drawing 8]

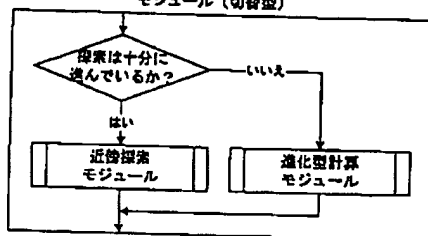


[Drawing 13]



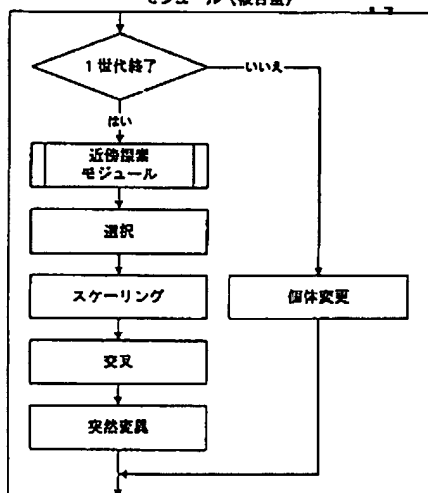
[Drawing 18]

進化型計算+近傍探索  
モジュール (切替型)



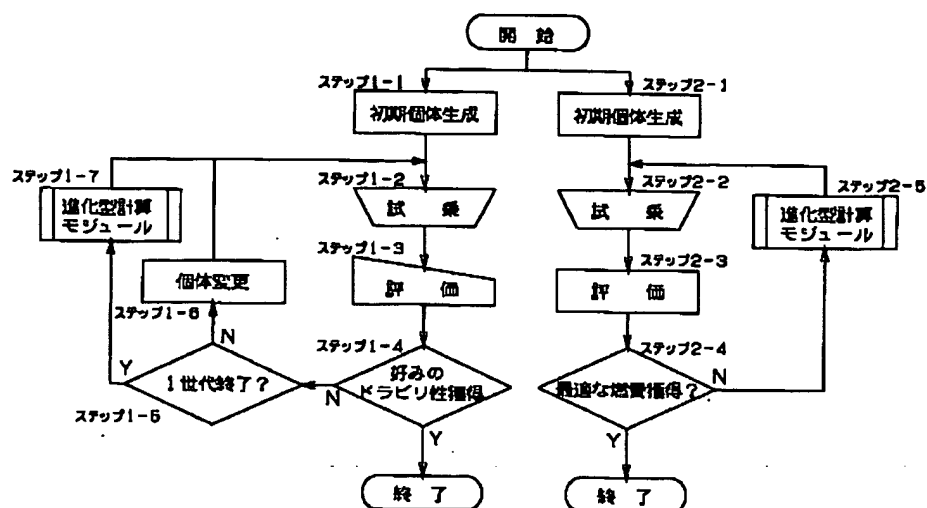
[Drawing 19]

進化型計算+近傍探索  
モジュール (複合型)

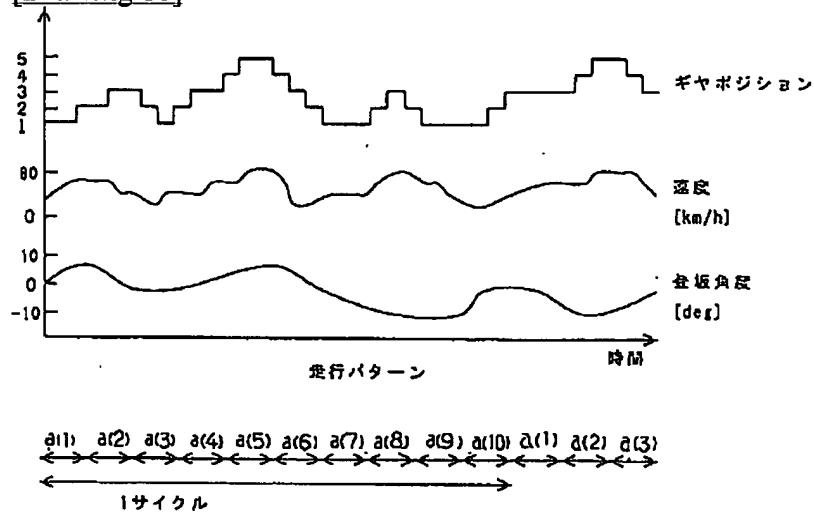


[Drawing 9]

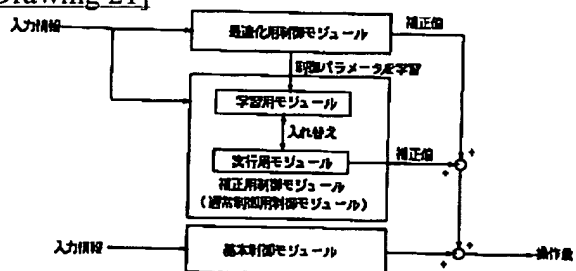




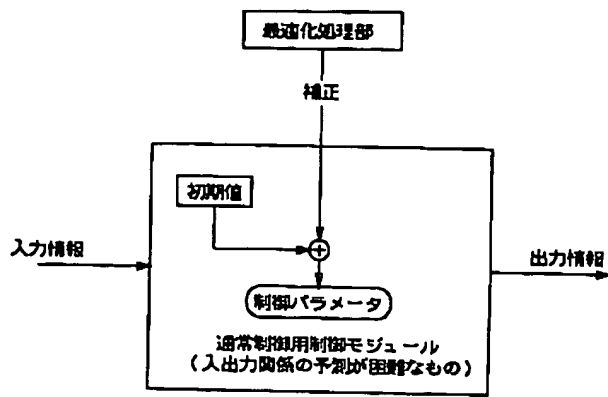
[Drawing 10]



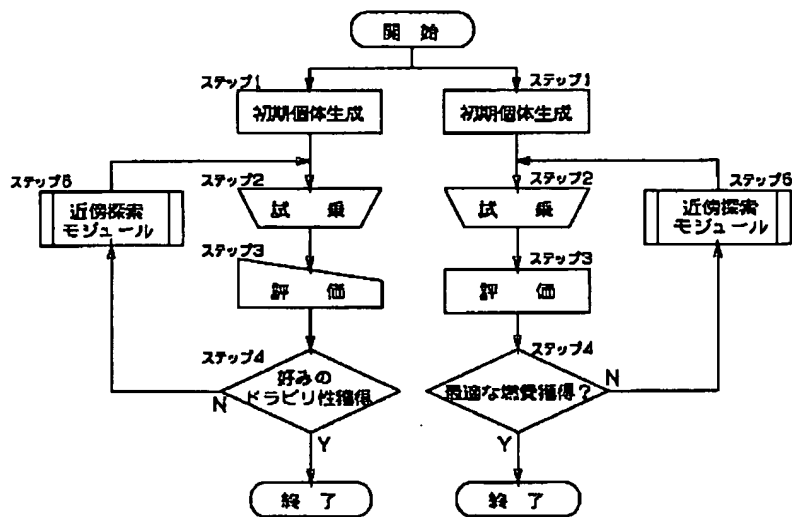
[Drawing 21]



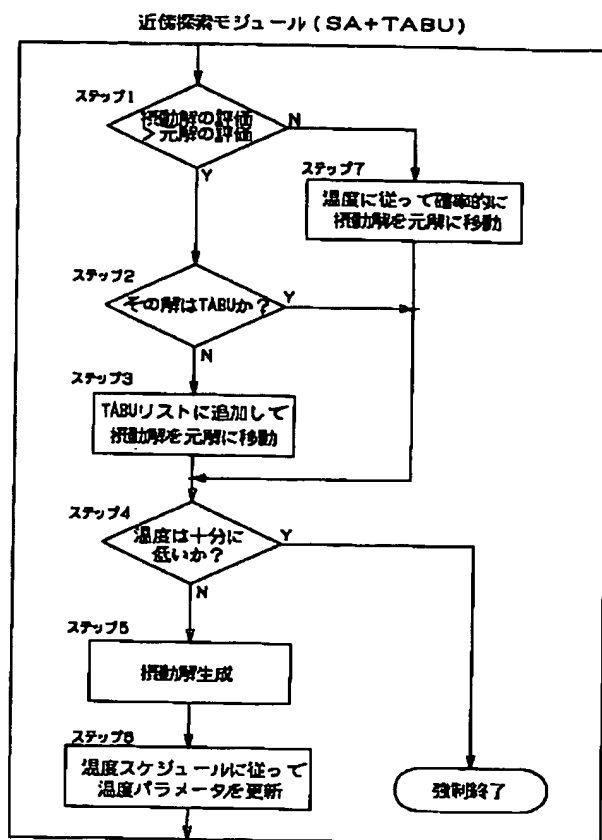
[Drawing 22]



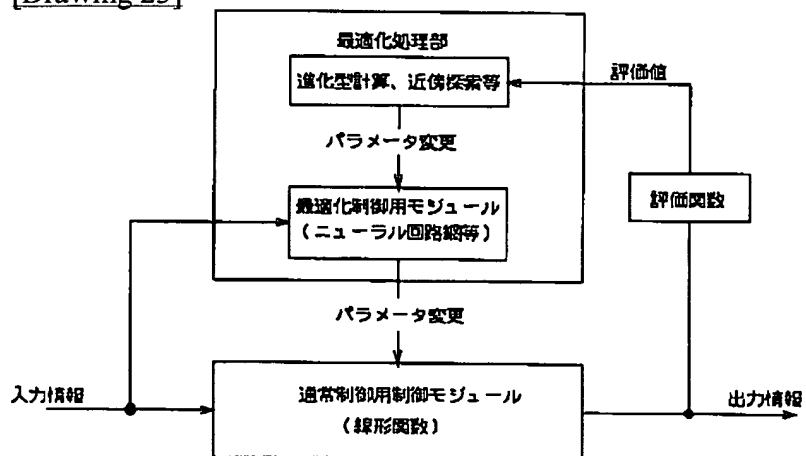
[Drawing 14]



[Drawing 15]



[Drawing 23]



[Translation done.]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に関連する出力を決定する通常制御用制御モジュールにおける制御パラメータを直接最適化手法を用いて最適化させることを特徴とする総合特性最適化方法。

【請求項2】前記最適化手法が、ヒューリスティックスを用いた最適化手法であることを特徴とする請求項1に記載の最適化方法。

【請求項3】前記最適化を行うための最適化用制御モジュールを備え、

前記最適化用制御モジュールにおける最適化処理終了後に、通常制御用制御モジュールの制御パラメータを最適化された制御パラメータに更新することを特徴とする請求項1又は2に記載の総合特性最適化方法。

【請求項4】前記最適化を行うための最適化用制御モジュールを備え、

前記最適化用制御モジュールにおける最適化処理終了後に、通常制御用制御モジュールに最適化された制御パラメータを学習させることを特徴とする請求項1又は2に記載の総合特性最適化方法。

【請求項5】前記通常制御用制御モジュールが、制御実行用の制御モジュールと学習用の制御モジュールとを備え、

学習用の制御モジュールが最適化された制御パラメータを学習した後で、実行用の制御モジュールと学習用の制御モジュールとを入れ換えることを特徴とする請求項4に記載の総合特性最適化方法。

【請求項6】所定の入力情報に基づいて通常制御用制御モジュールの制御パラメータを出力するよう構成された最適化用制御モジュールを備え、  
前記最適化用制御モジュールを最適化させることにより通常制御用制御モジュールの制御パラメータを最適化させることを特徴とする請求項1又は2に記載の総合特性最適化方法。

【請求項7】前記通常制御用制御モジュールが、その制御パラメータの少なくとも一部を変更した時に、その変更が他の制御パラメータへ与える影響度を予測できるアルゴリズムを用いて構築されていることを特徴とする請求項1～6の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項8】前記通常制御用制御モジュールが、その制御パラメータの少なくとも一部を変更した時に、その変更が制御モジュールの出力へ与える影響度を予測できるアルゴリズムを用いて構築されていることを特徴とする請求項1～6の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項9】前記通常制御用制御モジュールの入出力が線形であることを特徴とする請求項7又は8に記載の総合特性最適化方法。

【請求項10】前記最適化手法が、進化型計算法、近傍

探索法、及び／又は強化学習法であることを特徴とする請求項1～9の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項11】前記最適化手法が、学習アルゴリズム又はファジィ推論と、進化型計算法又は近傍探索法との組み合わせから成ることを特徴とする請求項1～9の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項12】前記最適化手法が、進化型計算法と近傍探索法とを組み合わせたものであることを特徴とする請求項1～9の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項13】前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量を出力する制御モジュールであることを特徴とする請求項1～12の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項14】前記通常制御用制御モジュールが、使用者操作量を入力情報とし、制御対象の操作量を出力することを特徴とする請求項13に記載の総合特性最適化方法。

【請求項15】前記制御対象が、最終制御対象の性能をコントロールする手段であることを特徴とする請求項12又は13に記載の総合特性最適化方法。

【請求項16】前記最終制御対象が、原動機、電動機、又はそれらの組み合わせであることを特徴とする請求項15に記載の総合特性最適化方法。

【請求項17】前記原動機、電動機、又はそれらの組み合わせが車両に搭載されていることを特徴とする請求項16に記載の総合特性最適化方法。

【請求項18】前記最終制御対象の性能をコントロールする手段が電子スロットルであり、前記通常制御用制御モジュールが、スロットルレバー操作量を入力情報とし、吸入空気量変化手段の操作量を出力とすることを特徴とする請求項15～17の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項19】前記通常制御用制御モジュールが、スロットルレバーの操作量に対する吸入空気量変化手段の操作量の静特性に関する制御パラメータを有し、前記最適化手法で前記静特性に関する制御パラメータを最適化することを特徴とする請求項18に記載の総合特性最適化方法。

【請求項20】前記通常制御用制御モジュールが、スロットルレバーの操作量に対する吸入空気量変化手段の操作量の動特性に関する制御パラメータを、スロットル入力に対して加えられる一次遅れ定数及び／又は加速補正係数として有し、前記最適化手法で前記動特性に関する制御パラメータを最適化することを特徴とする請求項19又は20に記載の総合特性最適化方法。

【請求項21】前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に関する補正量を出力する制御モジュールであることを特徴とする請求

項1～12の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項22】前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に関する補正率を出力する制御モジュールであることを特徴とする請求項1～12の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項23】前記制御対象が、最終制御対象の性能をコントロールする手段であることを特徴とする請求項21又は22に記載の総合特性最適化方法。

【請求項24】前記最終制御対象が、原動機、電動機、又はそれらの組み合わせであることを特徴とする請求項23に記載の総合特性最適化方法。

【請求項25】前記原動機、電動機、又はそれらの組み合わせが車両に搭載されていることを特徴とする請求項24に記載の総合特性最適化方法。

【請求項26】前記最終制御対象の性能をコントロールする手段が、電子制御燃料噴射装置であり、前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて前記噴射装置への基本燃料噴射量に対する補正量又は補正率を出力することを特徴とする請求項23～25の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項27】前記最終制御対象の性能をコントロールする手段が、無段変速機であり、前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて無段変速機における変速比の補正量又は補正率を出力することを特徴とする請求項23～25の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項28】前記最終制御対象の性能をコントロールする手段が、無段変速機であり、前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて無段変速機における変速速度の補正量又は補正率を出力することを特徴とする請求項23～25の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項29】前記最適化が、使用者意志に基づく評価を基準に行われることを特徴とする請求項1～28の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項30】前記最適化が、予め設定された評価基準に基づいて行われることを特徴とする請求項1～29の何れか一項に記載の総合特性最適化方法。

【請求項31】前記評価基準が、経時劣化を伴う制御対象の基準特性に基づいて設定されることを特徴とする請求項30に記載の総合特性最適化方法。

【請求項32】前記評価基準が、制御対象に対するレギュレーションに基づいて設定されることを特徴とする請求項30に記載の総合特性最適化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、制御対象を制御するための制御モジュールを最適化する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来から、制御対象を制御するための制

御モジュールの特性（即ち、制御モジュールの入出力の関係を定めるパラメータの値）の最適値は、制御対象となる製品の使用者を想定し、その想定した使用者の特性（好み、技量、性格、使用状態）に合うように、設計段階又は出荷前のセッティング段階で実験により決められていた。しかし、近年の制御内容の多様化及び高度化に伴い、実験により制御モジュールの特性の最適値を決定する従来の方法では、制御モジュールを最適化するための難易度が高くなり、そのため多大な時間が必要となる。また、上記した従来の制御方法では、設計又は出荷前のセッティング段階で、制御対象となる製品の使用者を想定し、その想定した使用者の特性（好み、技量、性格、使用状態）に合わせて制御モジュールの最適化を行なうが、人間の個性や好みは千差万別であるため、このような従来の方法では、全ての使用者が満足する特性の製品を提供することは不可能であるという問題がある。出願人は、上記した従来の問題点を鑑みて、所定の入力情報に基づいて制御対象に対する制御出力を決定する基本制御モジュールと、前記基本制御モジュールの出力に対する補正量を決定する補正用制御モジュールと、前記補正用制御モジュールの入出力関係を、使用者の意志に従って遺伝的アルゴリズムにより最適化させる進化用制御モジュールとから成り、前記補正用制御モジュールが最適化用制御モジュールで最適化された入出力関係を教師データとして学習を行う進化的制御方式を、特願平9-264604号で提案した。この方式によれば、使用者の意志を使用者が直接指示することによって進化用制御モジュールで補正用制御モジュールの入出力関係を最適化させ、これが補正用制御モジュールに実際に反映されるので、個々の使用者が、その時々気分に合わせて好みの制御モジュールの特性を得ることが可能になり、また、遺伝的アルゴリズムを用いることにより最適化が短時間で簡単に行えるようになる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記した出願人の提案した進化的制御方式は、進化用制御モジュールで補正用制御モジュールの入出力関係を最適化させ、最適化された入出力関係を補正用制御モジュールが学習するように構築されていたため学習に時間がかかり、最適化された特性が実際に制御対象に反映されるのに時間がかかるという問題があり、また、演算も複雑になるという問題もあり、未だ改善の余地があった。本発明は、上記した従来の問題点を解決し、最適化された特性を単時間で制御対象に反映させることができ、また、演算も簡単になる総合特性最適化方法を提供することを目的としている。

【0004】

【課題を解決するための手段】上記した目的を達成するために、本発明に係る総合特性最適化方法は、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に関連する出力を決

定する通常制御用制御モジュールにおける制御パラメータを直接最適化手法を用いて最適化させることを特徴とする。前記最適化手法はヒューリスティックスを用いた最適化であり得る。この総合特性最適化方法では、前記最適化を行うための最適化用制御モジュールを前記通常制御用制御モジュールとは別個に構築し、前記最適化用制御モジュールにおける最適化処理終了後に、通常制御用制御モジュールの制御パラメータを最適化された制御パラメータに更新することもでき、また、前記最適化された制御パラメータを通常制御用制御モジュールに学習させることもできる。また、前記通常制御用制御モジュールは、制御実行用の制御モジュールと学習用の制御モジュールとを備えることができ、この場合には、学習用の制御モジュールが最適化された制御パラメータを学習した後で、実行用の制御モジュールと学習用の制御モジュールとを入れ換えることができる。さらにまた、所定の入力情報に基づいて通常制御用制御モジュールの制御パラメータを出力するよう構成された最適化用制御モジュールを通常制御用制御モジュールとは別個に構築し、前記最適化用制御モジュールを最適化させることにより通常制御用制御モジュールの制御パラメータを最適化させることもできる。さらに、前記通常制御用制御モジュールは、その制御パラメータの少なくとも一部を変更した時に、その変更が他の制御パラメータへ与える影響度を予測できるアルゴリズムを用いて構築してもよく、また、その制御パラメータの少なくとも一部を変更した時に、その変更が制御モジュールの出力へ与える影響度を予測できるアルゴリズムを用いて構築してもよく、さらにまた、その入出力関係が線形になるアルゴリズムを用いて構築してもよい。前記最適化手法として、進化的型計算法、近傍探索法、及び／又は強化学習法を用いることができる。進化的型計算法としては、例えば、遺伝的アルゴリズム、進化的戦略又は進化的プログラミングを用いることができ、近傍探索法としては、例えば、シミュレーテッドアニーリング、ヒルクライミング、ランダムウォーク、又はタブサーチを用いることができ、また、強化学習法としては、例えば、Qラーニング又はクラシフィアシステムを用いることができる。また、前記通常制御用制御モジュールは、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量を出力する制御モジュールであり得、この場合、前記通常制御用制御モジュールは、使用者操作量を入力情報とすることができる。また、前記制御対象は、例えば、車両に搭載された原動機、電動機又はそれらの組み合わせ等から成る最終制御対象の性能をコントロールする手段であり得、具体的には、例えば、電子スロットルであり得る。制御対象が電子スロットルの場合、前記通常制御用制御モジュールは、スロットルレバー操作量を入力情報とし、吸入空気量変化手段の操作量を出力とする制御モジュールであり得る。さらにこの場合には、通常制御用制御モジュールは、スロットルレバ

一の操作量に対する吸入空気量変化手段の操作量の静特性に関する制御パラメータを備えていてもよく、また、スロットルレバーの操作量に対する吸入空気量変化手段の操作量の動特性に関する制御パラメータを、スロットル入力に対して加えられる一次遅れ定数及び／又は加速補正係数として備えていてもよい。また、前記通常制御用制御モジュールは、所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に関する補正量又は補正率を出力する制御モジュールであり得、また、前記制御対象は、例えば、車両に搭載された原動機、電動機又はそれらの組み合わせ等から成る最終制御対象の性能をコントロールする手段であり得、具体的には、例えば、電子制御燃料噴射装置や無段変速機であり得る。例えば、前記制御対象が、電子制御燃料噴射装置の場合には、前記通常制御用制御モジュールが、所定の入力情報に基づいて前記噴射装置への基本燃料噴射量に対する補正量又は補正率を出力する制御モジュールであり得、また、制御対象が無段変速機の場合には、前記通常制御用制御モジュールは、所定の入力情報に基づいて無段変速機における変速比若しくは変速速度の補正量又は補正率を出力する制御モジュールであり得る。また、前記最適化は、使用者意志に基づく評価及び／又は予め設定された評価基準に基づいて行うことができ、評価基準を予め設定する場合には、例えば、経時劣化を伴う制御対象の基準特性や制御対象に対するレギュレーションに基づいて評価基準が設定され得る。さらに、必要に応じて、例えば、一つの制御対象に対して、レギュレーションに基づく評価基準を予め設定しておき、その評価基準の範囲内で使用者意志に基づく評価を行えるように構築し、レギュレーションの範囲内で使用者の好みに合わせて特性を最適化させる等、評価を組み合わせる用いてもよい。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に示した幾つかの実施例を参照しながら本発明に係る総合特性最適化方法（以下、単に最適化方法と称する。）の実施の形態について説明する。図1～図13は、本発明に係る総合特性最適化方法を車両のエンジン及び無段変速機制御に適用した実施例を示している。図1は、エンジン1と総合特性最適化方法を実行する制御装置10との関係を示す概略図である。この制御装置10は、好みのドライビリティと加速性を獲得しながら燃費性能を向上させるように構成されている。尚、本明細書において、「ドライビリティ」とは、スロットル操作に対するエンジン出力のレスポンスの性能のことを意味する。図面に示すように、制御装置10は、エンジン回転数、吸気負圧、アクセル操作量、大気圧、吸気温度、冷却水温等の情報を入力し、これら入力情報に基づいて燃料噴射装置、電子スロットル弁及び無段変速機を操作することにより、燃料噴射量、吸入空気量及び変速比を制御し、ドライビリティ、加速性能及び燃費性能の両立を図った最適制御を行う。図2

は、前記制御装置10の概略ブロック図である。図面に示すように、この制御装置10は、電子スロットル制御部、無段変速機制御部、及び燃料噴射装置制御部を有する。電子スロットル制御部は、所定の入力情報に基づいて電子スロットル弁の開度を決定する電子スロットル制御モジュールと、前記電子スロットル制御モジュールの制御パラメータを最適化する最適化処理部とを有する。無段変速機制御部は、所定の入力情報（図2における外界情報）に基づいて無段変速機の基本変速比を決定する無段変速機制御モジュールと、前記基本変速比に対する補正率を決定する変速比補正用モジュールと、前記補正用モジュールを最適化する最適化処理部とを有する。燃料噴射装置制御部は、所定の入力情報（図2における外界情報）に基づいて基本燃料噴射量を決定する燃料噴射装置制御モジュールと、前記基本燃料噴射量に対する補正率を決定する燃料噴射量補正用モジュールと、前記補正用モジュールを最適化する最適化処理部と、最適化演算部の評価を行う評価部とを有する。

【0006】前記電子スロットル制御モジュールは、図3に示すように、使用者のアクセル操作量に基づいて電子スロットル弁の開度を決定する。尚、本明細書における「アクセル操作量」とは、実際の「アクセル角度」の情報と、「アクセルの変化量」の情報の両方を含む。ここで、電子スロットル弁の特性について簡単に説明すると、電子スロットル弁は静特性と動特性の二つの特性を持つ。前者は、アクセル角度と電子スロットル弁との関係から生じる特性であり、車両の定常走行特性に影響する。図4は、幾つかのスロットルの静特性の例を示すグラフである。このように静特性を変えることにより、アクセル角度が小さい時に電子スロットル弁が大きく開き、アクセル角度が大きくなるにつれてスロットル弁が徐々に全開に収束していく低開度急加速型や、アクセル角度が小さい間はスロットル弁が徐々に開き、アクセル角度が大きくなると急激に全開まで開く高開度急加速型や、アクセル角度とスロットル開度が比例している比例型等、設定により同じアクセル角度で様々なスロットル開度を得ることができるようになる。この静特性は、アクセル角度の増大につれてスロットル開度が増大又は不変であればよく、様々な様々な関数を得ることができるようになる。尚、本実施例では、スロットル開度0～20%時のスロットルバルブ開度率SP1と、スロットル開度20～100%時のスロットルバルブ開度率SP2とを最適化することにより静特性の最適化を行う。また、電子スロットル弁の特性の後者、即ち、動特性は、アクセルの変化速度に対するスロットル弁の変化速度から生じる特性であり、車両の過渡特性に影響する。この特性は具体的には一次遅れと不完全微分を組み合わせることにより、アクセルの変化速度に対するスロットルの変化速度を変えられるように構成され得る。このように一次遅れと不完全微分を組合せることにより、図5に示

すように、アクセル操作に対して比較的ゆっくりとスロットルが開くレスポンスの低いタイプ、アクセル操作に対して若干のスパイクは生じるが機敏に変化してスロットルが開くレスポンスの高いタイプ、又は両者の中間程度のタイプ等、様々な動特性が得られるようになる。

尚、本実施例では、一次遅れ時定数DRと、加速補正係数AGとを最適化することにより動特性の最適化を行う。電子スロットル制御部における最適化処理部は、最適化演算として、例えば、進化型計算法を採用しており、電子スロットル制御モジュールにおける前記制御パラメータ（スロットルバルブ開度率SP1及びSP2、一時遅れ時定数DR、並びに加速補正係数AG）を、図6に示すように一つの個体としてコーディングし、これらの制御パラメータを進化型計算法を用いて最適化する。最適化処理中の各制御パラメータの値の評価は、使用者が実際に体感するドライビリティ性能に基づいて行うように構成されており、その結果、電子スロットル制御モジュールにおける各制御パラメータは使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な電子スロットルの特性（ドライビリティ特性）が得られるようになる。このように、最適化処理における評価を使用者が行う方法を本明細書では対話型評価と称する。尚、本実施例では、静特性と動特性をまとめて一つの個体とし、全体の組み合わせを最適化させるが、他にも下記のように幾つかの手法が考えられる。

1. 静特性に関しては運転者が予め設定して、動特性のみを最適化させる。
2. 静特性と動特性を独立して別々に最適化させる。
3. 静特性を先に進化させて固定しておき、動特性を最適化させる。

【0007】無段変速機制御モジュールは、基本変速比マップに基づいて所定の入力情報（例えば、車速及びスロットル弁開度）に対する基本変速比を出力する。変速比補正用モジュールは、所定の入力情報（例えば、車速及びスロットル弁開度）に基づいて前記基本変速比に対する補正率を出力するニューラルネットワークで構成されている。無段変速機制御部における最適化処理部は、最適化演算として、例えば、進化型計算法を採用しており、前記変速比補正用モジュールを構成するニューラルネットワークの結合係数（制御パラメータ）をコーディングして個体を生成し、進化型計算法を用いて、これらの結合係数（制御パラメータ）の最適化を行う。最適化処理中の各制御パラメータの値の評価は、使用者が、実際に体感する加速感に基づいて行うように構成されており、その結果、変速比補正用モジュールの制御パラメータは使用者の評価に従って最適化され、使用者の評価に合った最適な無段変速機特性（加速性）が得られる。

【0008】燃料噴射装置制御モジュールは、例えば、図7に示すように、学習機能付きフィードフォワード制御ロジックを用いてモデル化されたエンジンの順モデル



と、この順モデルの出力と目標空燃比とに基づいて燃料噴射装置の基本燃料噴射量を決定する燃料噴射量決定部とを備えている。前記目標空燃比は、エンジン回転数とスロットル開度とに基づいて目標空燃比算出部により算出される。燃料噴射量補正用モジュールは、図8(a)に示すようにスロットル開度及びエンジン回転数を入力し、補正率を出力するニューラルネットワークから成り、ここで得られた補正率が前記燃料噴射装置制御モジュールから出力される基本燃料噴射量に乗算されて最終的な燃料噴射量が得られる。燃料噴射装置制御部における最適化処理部は、最適化演算として、例えば、進化型計算法を採用しており、図8(b)に示すように燃料噴射量補正用モジュールを構成するニューラルネットワークの結合係数をコーディングして個体を生成し、進化型計算法を用いて、これらの結合係数(制御パラメータ)の最適化を行う。最適化処理中の各制御パラメータの値の評価は、目標となる燃費が設定された評価部が行うように構成されており、その結果、燃料噴射量補正用モジュールの結合係数(制御パラメータ)は目標となる燃費に向けて自動的に最適化され、最適な燃費特性が得られるようになる。このように、最適化演算における評価を、予め設計された評価部により行い、最適化を自動的に進めるようにする方法を本明細書では自律型評価と称する。

【0009】次に、上記した電子スロットル制御部、無段変速機制御部及び燃料噴射装置制御部における最適化処理について説明していく。図9は、制御装置10全体の最適化処理の流れを示すフローチャートである。上述のように、この制御装置10では、最適化処理を行う際に、電子スロットル制御部及び無段変速機制御部については対話型評価を用い、燃料噴射装置制御部については自律型を用いている。評価方法が異なると最適化処理の流れが異なるので、以下の説明では対話型評価方法を採用した最適化処理と自律型評価方法を採用した最適化処理とに分けて説明する。

【0010】a. 電子スロットル制御部及び無段変速機制御部における最適化処理

図9に示すように、始めに各制御部における最適化の対象となる制御モジュールの最適化する制御パラメータ

(電子スロットル制御モジュールの場合は、静特性SP1, SP2、動特性DR, AGであり、変速比補正用モジュールの場合は、それを構成するニューラル回路網の結合係数)の初期値を予め決めた範囲内でランダムに決定し、複数の初期個体から成る第1世代を生成する(ステップ1-1)。そして、第1世代の何れかの個体のパラメータを用いて試乗を行い(ステップ1-2)、その個体に対する評価値を使用者が入力する(ステップ1-3)。前記評価値に基づいて、好みのドラビリティ又は加速性が得られたか否かを判断し(ステップ1-4)、得られたと判断した場合には進化処理を終了し、得られて

いない場合には、1世代の全ての個体に対して試乗及び評価が終了したか否かを判断する(ステップ1-5)。全ての個体に対する試乗及び評価が終了していない場合には、制御モジュールのパラメータを別の個体のものに変更し(ステップ1-6)、再び試乗を行わせる(ステップ1-2)。また、全ての個体に対する試乗及び評価が終了した場合には、進化型計算モジュールに入り(ステップ1-7)、次世代の個体群を生成し、再び、それらの個体のパラメータを用いた試乗及び評価を行う。これらの処理は好みのドラビリティ又は加速性が得られるまで繰り返し行われ、その結果、電子スロットル制御モジュール及び変速比補正率モジュールのパラメータは最適化される。ここで、対話型を採用したドラビリティ及び加速性の評価について説明すると、使用者が進化に介入できるように、運転中に操作できる評価値の入力装置をボタン等で実現する。使用者は試乗後にこのボタンを押すことにより試乗した個体の評価値を入力する。評価値は、ボタンを押した時間の長さに基づいて決められる。具体的には、例えば、押した時間の逆数に一定の係数を乗じる方法やファジィルールを用いて算出する方法がある。こうすることで、人間の評価にあいまいさがあっても、ある程度の正確さで評価値が得られ、使用者が対話的に進化手法を使用できるようになる。また、一定時間を越えてボタンを押した場合には、その時点で評価中の個体を次の個体に切り換えることもできる。こうすることで、使用者は気に入らない特性を持つ個体を即座に変更することができ、進化を高速に行えるようになる。また、個体の切り換えは車両が停止している時に限って行う。これは走行中にスロットル特性が急変することによる影響を排除するために有効である。

【0011】b. 燃料噴射制御部における最適化処理  
図9に示すように、始めに各制御部における最適化の対象となる制御モジュールの最適化する制御パラメータ(燃料噴射量補正用モジュールの場合は、それを構築するニューラル回路網の結合係数)の初期値を予め決めた範囲内でランダムに決定し、複数の初期個体から成る第1世代を生成する(ステップ2-1)そして、第1世代の全ての個体に対する燃費計算を行う(ステップ2-2)。ここで、燃費計算について簡単に説明すると、燃料噴射制御進化モジュールについては、時分割により複数の個体を擬似的に並行的に作動させ、その期間の合計での評価値を比較する。具体的には、例えば、図10に示すように、10個の個体について、1分間ずつ制御を行い、これを1サイクルとして、20サイクル繰り返し、評価期間内の総走行距離を燃料消費量で割って燃費、即ち、評価値を算出する。こうすることで、ギヤポジションの違いや登坂角度による影響を、各個体でトータルとしてそろえられるため、各個体の特性を公平に評価することができる。上記した燃費計算処理(ステップ2-2)で得られた各個体の燃費(即ち、評価値)に基

づいて、それが最適な燃費特性か否かを評価し（ステップ2-3）、評価の結果、最適な燃費が獲得できたか否かを判断する（ステップ2-4）。そして、最適な燃費が得られていた場合には最適化処理を終了し、得られていない場合には、進化型計算モジュールに入り（ステップ2-5）、次世代の個体群を生成する。

【0012】ここで、進化型計算モジュールの幾つかの例について説明する。

#### a. 遺伝的アルゴリズム（GA）

図11は、進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。このモジュールでは、1世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。スケージング（ステップ1）については、個体群内の最大適応度と平均適応度の比が一定となるように、適応度の線形変換を行う。選択（ステップ2）については、使用者の評価値（適応度）に比例して確率的に選択するルーレット選択方式が採用され得る。また、ランダムに選んだn個の個体の中で最良の評価値を持つものを選択するトーナメント選択方式を用いることもできる。交叉（ステップ3）には1点交叉、2点交叉、又は正規分布交叉等の手法がある。選択された交叉の親が同一の固定であることも起こり得るが、これを放置すると、個体群としての多様性が失われる。このため、交叉に選択された親が同一の個体であった場合、他の選択された個体と入れ換えをおこなって、可能限り同じ個体の交叉を避ける。突然変異（ステップ4）については、個体の各遺伝子座について一定の確率で、ランダムに値を変更する。そのほかにも正規分布に従う摂動を加える方法も考えられる。異なる個体を交叉の親として選択したにもかかわらず、それらが遺伝的に見て全く同一である場合には、交叉する親の両方について、通常より高い確率で突然変異を生じさせる。また、上記の他に、一度に1世代の全ての個体を置き換える「再生」と呼ばれる世代交代の手法を用いることもできる。さらに、厳密に世代交代を適用した場合、評価の高い個体を破壊してしまう恐れがあるため、エリート（評価の最も高い個体）を無条件に次世代に残す、エリート保存戦略を合わせた用いることができる。

#### 【0013】b. 進化戦略（ES）

図12は、進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。このモジュールでは、1世代の個体全ての評価の終了後、好みの特性が得られなかった場合に、次世代の個体群を生成する。選択（ステップ1）については、進化戦略の種類により選択の仕方が異なるので、ここでは、代表的な2種類の手法について説明する。 $(\mu, \lambda)$ -ESと呼ばれる進化戦略の場合、 $\mu$ 個の親個体から生成された $\lambda$ 個の子個体から、適応度の良いものから順に $\mu$ 個を確率的に選択する。 $(\mu + \lambda)$ -ESと呼ばれる進化戦略の場

合、 $\mu$ 個の親個体と $\lambda$ 個の子個体とを合わせた個体群の中から、適応度の良いものから順に $\mu$ 個を確定的に選択する。進化戦略には、上記の他に下記のような手法があり、これらを用いる場合には、これらの手法に合わせた選択の仕方を行う。

- ・  $(1, 1)$ -ES：ランダムウォーク（RW）
- ・  $(1 + 1)$ -ES：ヒルクライミング（HC）
- ・  $(1, \lambda)$ -ES,  $(1 + \lambda)$ -ES：近傍探索法
- ・  $(\mu + 1)$ -ES：連続世代型多点探索法

交叉（ステップ2）については、正規分布交叉を用いるが、パラメータごとに親の値を継承したり、中点や内分点、外分点を子の値としても良い。突然変異（ステップ3）については、各パラメータに対して正規分布に従う摂動を加える。このとき、正規分布の分散はパラメータごとに調整を行っても良いし、パラメータ間の相関を持たせてもよい。以上説明した進化戦略（ES）は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変換が不要になるという利点がある。また、正規分布交叉などの実数の連続性を考慮した交叉手法を用いることで、遺伝的アルゴリズムにおいて良く用いられるバイナリコードやグレイコードを1点交叉や多点交叉させるものよりも、親の形質を強く子の形質に反映させることができる。

#### 【0014】c. 進化的プログラミング（EP）

図13は、進化型計算法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。スケージング（ステップ1）については、個体数が $\mu$ 個の場合、個摂動を加える前の個体と摂動を加えた後の個体を合わせた $2\mu$ 個の個体について、それぞれランダムに選んだq個の個体と比較し、勝っている数をその個体の適応度とする。選択（ステップ2）は、生成された個体群の中から適応度の良いものから順に $\mu$ 個を選択する。選択は確定的であるが、スケージングが確率的であるので、実質的には選択は確率的となる。以上説明した進化的プログラミング（EP）は、各パラメータを実数値のまま使用するため、遺伝的アルゴリズムのような表現型から遺伝子型への変換が不要になるという利点がある。また、交叉を用いないので、表現型に制約がない。遺伝的アルゴリズムは進化戦略の様にパラメータをストリング状にする必要がなく、木構造などでも良い。

【0015】上記した実施例では、最適化手法として進化型計算を用いた例について説明してきたが、最適化処理部に用いられる最適化手法はこれに限定されことなく、様々な手法を用いることができる。以下に、進化型計算以外の最適化手法の幾つかの例について説明していく。

#### 【0016】1. 近傍探索法

ここでは、近傍探索法の具体例として、シミュレーティッド・アニーリング(SA)とタブーサーチ (TABU)とを組

み合わせた方法を図2における各最適化処理部に採用した例について説明する。図14は、SAとTABUとを組み合わせた近傍探索法を用いた場合の制御全体の流れを示している。始めに、予め決めた範囲内で初期パラメータ群を生成し(ステップ1)、その初期パラメータ群を用いて試乗(又は燃費計算)を行い(ステップ2)、その結果に対する評価値を入力する(又は算出する)(ステップ3)。そして、好みのドラビリ性及び加速性(又は最適な燃費)が得られた否かを判断し(ステップ4)、得られていない場合には近傍探索モジュールに入る(ステップ5)。図15は、近傍探索モジュールの処理を示す概略フローチャートである。始めに摂動解の評価が元解の評価より高いか否かについて判断を行い(ステップ1)、摂動解の評価が元解の評価より高い場合には、その解が禁止領域(TABU)に属するか否かを判断し(ステップ2)、TABUではない場合にはTABUリストに追加して、摂動解を元解に移動するが(ステップ3)、最適化処理の開始直後は、元解が存在しなく、TABUリストも空なので、初期パラメータ群の解が元解に設定され、TABUリストに追加され(ステップ3)、その後、温度が十分に低い  
 20 いか否かが判断される(ステップ4)。シミュレーティッド・アニーリングでは、温度が高い場合には状態遷移も高い確率で行われ、温度が低い場合には状態遷移が行われにくくなる温度スケジュールを予め設計しておき、その温度スケジュールに従って探索を行うが、通常、探索の探索域が初期状態は大域的に終盤では局所的になるように、即ち、初期状態では温度が高く、終盤に向けて温度が徐々に低くなるように温度スケジュールは設計される。従って、最適化処理の開始直後は温度は高いので、強制終了はされずに摂動解の生成が行われ(ステップ\*30

\* プ5)、温度スケジュールに従って温度パラメータが更新される(ステップ6)。摂動解の生成は、現在のパラメータ群の各成分に対して独立に、平均0、分散 $\sigma^2$ の正規分布 $N(0, \sigma^2)$ に従う摂動を加えることで生成される。 $\sigma$ は、一定であるか、検索状況に応じて適応的に変化するか、又は使用者が状況に応じて自由に設定する。摂動解が生成されると、その摂動解を用いて図14に示す処理、即ち、試乗(又は燃費計算)(ステップ2)及び評価(ステップ3)が行われ、その摂動解で好みのドラビリ性又は最適な燃費が獲得されないと、再び、近傍探索モジュールに入る(ステップ5)。近傍探索モジュールでは、摂動解の評価が元解の評価より高いか否かを判断し(ステップ1)、元解より高い場合には、その摂動解がTABUか否かを判断し(ステップ2)、TABUでなければTABUリストに追加して、その摂動解を元解に設定し(ステップ4)、温度が十分に低い  
 10 いか否かを判断して(ステップ4)、十分に低ければ強制終了して進化処理を終わらせ、温度が十分に低くなければ、新たな摂動解を生成する。前記したステップ1の判断で、摂動解の評価が元解の評価より低い場合には、温度に従って確率的に摂動解を元解に設定する(ステップ6)。即ち、温度が高ければ高い程、大域的に探索を行うので、元解より評価の低い摂動解側にも移動するが、終盤になり温度が低くなると、局所的な探索を行うので元解より評価の低い摂動解側へは移動しない。上記した処理を、好みのドラビリ性及び加速性若しくは最適な燃費を獲得するか、又は温度が十分に下がって強制終了させられるまで繰り返し行う。これにより、大域的な探索から徐々に局所的な探索を行ってパラメータの最適値を探し出す。

尚、摂動解が元解に移動する確率  $p$  は、元解の評価値を  $E(x)$ 、摂動解の評価値を  $E(x')$ 、これらの差  $(E(x) - E(x'))$  を  $\Delta E$ 、 $\tau$  を温度パラメータ値として、 $\Delta E < 0$  の場合、即ち、摂動解の評価値が元解の評価値より高い場合には、移動確率  $P = 1$  (即ち、100%) とし、それ以外の場合の移動確率  $P$  は次式で求める。

$$p = \exp\left(-\frac{\Delta E}{\tau}\right)$$

初期パラメータを  $\tau_0$  として、下記のような温度スケジュールを用いて  $\tau$  を更新していく。

$$\tau = \alpha \times \tau \quad (\text{ここで、}\alpha \text{ は、} 0 < \alpha < 1 \text{ の定数})$$

また、温度パラメータ  $\tau$  の初期値  $\tau_0$  は、使用者が最適化を行いたい時間や評価回数を基に設定される。使用者が気に入るまで評価を行いたいときには  $\tau$  を無限大としたランダムウォークを用いる。このように、 $\tau$  を無限大に固定すると、 $\Delta E$  がどのような値でも移動確率  $P$  は常に100%となり、局所解にとらわれずに探索を続けることになる。

特に対話型最適化に、このシミュレーティッド・アニーリングを用いる場合には、前回のパラメータ群の評価を基準として今回のパラメータ群の評価がどれだけ良いか悪いかを、相対評価値  $\Delta E$  として入力するようにし、これに基づいて、摂動解の移動を決める。尚、上記した実施例では、近傍探索法として、シミュレーティッド・アニーリングとタブーサーチとを組み合わせた方法を例に挙げたが、シミュレーティッド・アニーリングとタブーサーチを単独で用いてもよいことは勿論である。

#### 【0017】2. 強化学習法

次に、最適化処理として強化学習法を用いた例を図16に示す。図16は、強化学習モジュールの処理を概略的に示すフローチャートであり、この強化学習モジュールは、図9又は図14における進化型計算モジュール又は近傍探索モジュールに代えて用いられる。この方法は、始めに、環境から入力に対して、実行可能なルールを選択する。次に実行するルールを確率的(強化学習のタイプにより異なる)に決定し、ルールに基づいてパラメータ群を出力する。パラメータ群を作動させた結果に基づいて報酬を与え、ルールを強化する。特に対話型最適化にこれを用いる場合は、使用者による評価を報酬として与える。尚、この強化学習法には経験強化型と環境同定型とがあり、前者は報酬を重視するため、うまくいったルールほど使用される確率が高くなり、後者は最適政策(入力に対して実行すべきルールを与える関数)を獲得するために環境同定を重視するため、使用されないル

ルほど使用される確率が高くなる。

#### 【0018】3. 学習アルゴリズム+進化型計算(又は近傍探索法)

次に、最適化処理として学習アルゴリズムと進化型計算との組み合わせを用いた例を図17に示す。図17は、学習+進化型計算モジュールの処理を概略的に示すフローチャートであり、この学習+進化型計算モジュールは、図9又は図14における進化型計算モジュール又は近傍探索モジュールに代えて用いられる。この方法では、スロットル開度を入力情報とし、スロットル特性を出力情報とした制御モジュールを構成するニューラル回路網の結合度や、ファジィシステムのファジィルールをパラメータ群として、進化型計算又は近傍探索手法を用いて入出力関係の最適化を行う。

#### 【0019】4. 進化型計算+近傍探索法(切換型)

次に、最適化処理として進化型計算と近傍探索法とを切換可能に組み合わせた方法を用いた例を図18に示す。図18は、進化型計算+近傍探索切換型モジュールの処理の概略を示すフローチャートであり、この進化型計算+近傍探索切換型モジュールは、図9又は図14における進化型計算モジュール又は近傍探索モジュールに代えて用いられる。この方法によれば、進化型計算で大域的探索を行い、ある程度収束した段階で近傍探索法へ切り換え、局所的探索を行うので、効率のよい最適化が可能となる。

#### 【0020】5. 進化型計算+近傍探索法(複合型)

次に、最適化処理として進化型計算と近傍探索法とを複合的に組み合わせた方法を用いた例を図19に示す。

図19は、学習+進化型計算複合型モジュールの概略フローチャートであり、この学習+進化型計算複合型モジュールは、図9又は図14における進化型計算モジュール又は近傍探索モジュールに代えて用いられる。この方法では、進化型計算の個体に対して近傍探索法による局所的探索を行い、得られた局所解を個体として遺伝的アルゴリズムを用いた進化を行うので、効率の良い最適化が可能になる。

#### 6. 進化型計算+タブーサーチ

最後に、次に、最適化処理として進化型計算とタブーサーチとを組み合わせた方法を用いた例について簡単に言及すると、このように、進化型計算とタブーサーチとを組み合わせることにより、進化型計算が生成し、かつ、淘汰した個体をタブーリストに記録し、記録された個体の出現を禁止することによって、同じ個体を何度も評価することがなくなり、使用者に対する負担を減少させることができるようになる。

【0021】以上説明した各実施例のように、制御対象が複数あり、各制御モジュールに対してそれぞれ最適化を行う場合、進化させる制御モジュール毎に最適化処理部が構築され得る。また、この場合の各最適化処理部の評価方法は、上記した実施例の組み合わせに限定されることなく、対話型又は自律型の何れか一方だけを用いてもよく、これらの組み合わせでもよい。また、このように制御モジュールが複数あり、それぞれに対して最適化モジュールを構築する場合、制御対象の関係によって特性の変化が相互に影響し合うものもあり、特性の最適化がトレードオフになることがある。具体的には、例えば、クレーン車におけるエンジンとクレーンとは基本的には、両者の動作特性が影響し合うことはないので、エンジンの燃料噴射装置を制御対象とする制御モジュールと、クレーンを制御対象とする制御モジュールとが同じ制御装置内に構築されていても、協調させることなく各制御モジュールを各々最適化することができる。しかし、例えば、同一エンジンにおける燃料噴射装置と電子スロットル装置とを制御対象とし、前者の制御モジュールを燃費が向上するように最適化し、後者の制御モジュールをレスポンスが向上するように最適化しようとする

と、燃費が良くなるとレスポンスが悪くなり、レスポンスが良くなると燃費が悪くなる可能性がある。このような場合には、複数の制御モジュール間での最適化処理を協調させる。具体的には、全ての制御モジュールの最適化モジュールに自律型最適化方法又は対話型最適化方法の何れか一方を用いている場合には、

・一つの制御モジュールを最適化した後に、獲得した特性を向上又は維持するように他の制御モジュールの最適化を行うことで、一つの制御対象の最適な特性の範囲内で他の制御対象の特性を最適化させることができるよう

にするか、又は、

・複数の制御モジュールを、お互いに獲得した特性を向上又は維持するように一定間隔ごとに最適化することで、各制御モジュールの最適化の方向性を制限して短時間で複数の制御対象の特性を向上させることができるようにするか、又は、

・一つの制御モジュールの最適化中に、その制御モジュールが獲得した特性を向上又は維持するように、他の制御モジュールの最適化を並列的に行うことで、一つの制御対象の特性を向上させながら、他の制御対象の適切な特性が得られるようにするか、又は、

・複数の制御モジュールを、お互いの獲得した特性を向上又は維持するように並列的に最適化することで、各制御モジュールの最適化の方向性を制限して短時間で複数の制御対象の特性を向上させることができるようにする。また、複数の制御モジュールの最適化モジュールに自律型最適化方法と対話型最適方法との両方を組み合わせて用いる場合には、

・対話型最適方法を用いた最適化制御モジュールで、ある制御モジュールを最適化した後に、獲得した特性を向上又は維持するように、自律型最適方法を用いた最適化制御モジュールで、他の制御モジュールの最適化を行うことで、対話型最適方法で得られた制御対象の最適な特性の範囲内で他の制御対象の特性を最適化させることができるようにするか、又は、

・自律型最適方法を用いた最適化制御モジュールで、ある制御モジュールを最適化した後に、獲得した特性を向上又は維持するように、対話型最適方法を用いた最適化制御モジュールで、他の制御モジュールの最適化を行うことで、自律型最適方法で得られた制御対象の最適な特性の範囲内で他の制御対象の特性を最適化させることができるようにするか、又は、

・対話型最適方法を用いた最適化制御モジュールと、自律型最適化方法を用いた最適化制御モジュールとを、お互いに獲得した特性を向上又は維持するように一定間隔ごとに繰り返すことで、各制御モジュールの最適化の方向性を制限して短時間で複数の制御対象の特性を向上させることができるようにするか、又は、

・対話型最適方法を用いた最適化制御モジュールでの最適化処理中に、獲得した特性を向上又は維持するように自律型最適化方法を用いた最適化制御モジュールでの最適化処理を並列的に行うことで、対話型最適化方法で一つの制御対象の特性を向上させながら、自律型最適化方法で他の制御対象の適切な特性が得られるようにするか、又は、

・自律型最適方法を用いた最適化制御モジュールでの最適化処理中に、獲得した特性を向上又は維持するように対話型最適化方法を用いた最適化制御モジュールでの最適化処理を並列的に行うことで、自律型最適化方法で一つの制御対象の特性を向上させながら、対話型最適化方

法で他の制御対象の適切な特性が得られるようにするか、又は、

・複数の制御モジュールを、お互いの獲得した特性を向上又は維持するように並列的に最適化することで、各制御モジュールの最適化の方向性を制限して短時間で複数の制御対象の特性を向上させることができるようになる。

上記のような方法で、複数の制御モジュールの最適化を協調させることで、制御モジュール間で最適化がトレードオフになることはなくなり、複数の制御モジュールを備えている場合でも、相互に協調させて短時間で最適化させることができるようになる。尚、相互に協調させることはできないが、複数の制御モジュールを独立して並列的に最適化処理を行ってもよく、このように、独立して並列的に処理を行うと、最適化の多様性が拡大し、創発的效果を期待することができる。

【0022】以上説明した実施例では、所定の入力情報に基づいて制御対象に対する操作量を決定する基本制御モジュール（具体的には、例えば、図2における電子スロットル制御モジュール）、又は所定の入力情報に基づいて制御対象の操作量に対する補正率を決定する補正用制御モジュール（具体的には、例えば、図2における変速比補正用モジュール又は、燃料噴射量補正用モジュール）の制御パラメータから直接、個体等の初期パラメータ群を生成し、最適化手法で制御パラメータを最適化し、基本制御モジュール又は補正用制御モジュールの制御パラメータを最適化された制御パラメータに次々に更新していく総合特性最適化方法について説明しているが、本発明に係る総合特性最適化方法は、上記した実施例に限定されることなく、通常制御用制御モジュールの制御パラメータを直接最適化させる方法であれば任意の方法でよいことは勿論であり、例えば、

a. 通常制御用制御モジュールが基本制御モジュールの出力に対する補正量を出力する補正用制御モジュールである場合には、通常制御用制御モジュール（補正用制御モジュール）と同等の制御パラメータを持つ最適化用制御モジュールを設け、該最適化用制御モジュールにおける制御パラメータを最適化させた後に、通常制御用制御モジュール（補正用制御モジュール）の制御パラメータを最適化された制御パラメータに更新するような方法でもよく（図20参照）、

b. 通常制御用制御モジュールが基本制御モジュールの出力に対する補正量を出力する補正用制御モジュールであり、さらに、学習用モジュールと実行用モジュールとを備えている場合には、通常制御用制御モジュール（補正用制御モジュール）と同等の制御パラメータを持つ最適化用制御モジュールを設け、該最適化用制御モジュールにおける制御パラメータを最適化させた後に、通常制御用制御モジュール（補正用制御モジュール）における学習用モジュールに最適化された制御パラメータを学習

させ、学習用モジュールの学習が終了した後に、学習用モジュールと実行用モジュールとを入れ換えるような方法でもよく（図21参照）、

c. 通常制御用制御モジュールの制御パラメータの初期値を予め決めておき、その初期値の補正量又は補正率を最適化手法を用いて最適化するよう構成してもよく（図22参照）、

d. 通常制御用制御モジュールとして線形関数を用いている場合には、所定の入力情報に基づいて通常制御用制御モジュールの制御パラメータを出力するよう構成された最適化用制御モジュールを設け、この最適化用制御モジュールを最適化させることにより制御パラメータを最適化させる方法でもよい（図23参照）。

尚、上記方法dの場合、最適化用モジュールはどのように構築されていてもよいが、例えば、最適化用モジュールが、所定の入力情報に基づいて通常制御用制御モジュールの制御パラメータ値を出力するニューラル回路網で構築されている場合には、その結合係数若しくはその入出力関係が最適化され得、又、前記最適化用モジュールがファジィ推論で構築されている場合には、そのルールが最適化され得る。尚、上記方法c及びdにおける通常制御用制御モジュールは、基本制御モジュールでも、補正用制御モジュールでもよい。

#### 【0023】

【発明の効果】以上説明したように、本発明に係る総合特性最適化方法は、所定の入力情報に基づいて制御対象への操作量に関連する出力を決定する通常制御用制御モジュールの制御パラメータを直接最適化手法を用いて最適化するので、最適化された特性を単時間で制御対象に反映させることができるようになるという効果を奏する。また、従来の通常制御用制御モジュールにおける入出力関係を最適化させる最適化方法では、最適化された入出力関係を通常制御用制御モジュールに反映させるために通常制御用制御モジュールにおける学習が必須であったが、本発明に係る総合特性最適化方法は、通常制御用制御モジュールの制御パラメータを直接最適化するので、最適化させた制御パラメータを通常制御用制御モジュールに反映させるのに学習が必須ではなくなり、学習を行わない場合には、演算が簡単になり、また、メモリ量も最低限に抑えられるという効果を奏する。また、本発明の請求項18に係る総合特性最適化方法によれば、電子スロットルを制御対象とする時に、前記制御モジュールの入力情報と操作量とをスロットルレバー操作量及び吸入空気量変化手段の操作量とし、該制御モジュールを最適化させるので、リーンスパイクを減少させて、燃費、排ガス性能を向上させることができるようになり、また、使用者の好みに応じて車両の運転特性を変化させることができるようになるという効果を奏する。さらに、本発明の請求項19に係る総合特性最適化方法によれば、前記制御モジュールが、スロットルレバー操作量

に対する吸入空気量変化手段の操作量の静特性に関する情報を有し、前記最適化手法で前記静特性に関する情報を最適化するので、定常走行時の運転特性を最適化することができるようになるという効果を奏する。さらにまた、本発明の請求項20に係る総合特性最適化方法によれば、前記制御モジュールが、スロットルレバー操作量に対する吸入空気量変化手段の操作量の動特性に関する情報を、スロットル入力に対して一時遅れ定数及び／又は加速補正係数を加えるアルゴリズムとして有し、前記最適化手法で前記一時遅れ定数及び／又は加速補正係数を変化させることで動特性に関する情報を最適化するので、車両の過渡運動特性を最適化することができるようになるという効果を奏する。また、本発明の請求項26に係る総合特性最適化方法によれば、電子制御燃料噴射装置を制御対象とする時に、前記制御モジュールを、所定の入力情報に基づいて前記噴射装置における燃料噴射量を出力するように構築し、該制御モジュールを最適化させるので、エンジン性能、燃費性能及び排ガス性能等を最適化することができるようになる。さらに、本発明の請求項27に係る総合特性最適化方法によれば、無段変速機を制御対象とする時に、前記制御モジュールの入出力情報を、スロットルレバー操作量と無段変速機における変速比として構築し、該制御モジュールを最適化するので、トルク出力及び燃費性能等を最適化することが可能になる。また、本発明の請求項28に係る総合特性最適化方法によれば、無段変速機を制御対象とする時に、前記制御モジュールの入出力情報を、スロットルレバー操作量及び無段変速機における変速速度として構築し、該制御モジュールを最適化するので、車両の加速フィーリングを最適化することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 エンジン1と総合特性最適化方法を実行する制御装置10との関係を示す概略図である。

【図2】 制御装置10の概略ブロック図である。

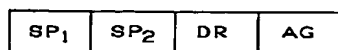
【図3】 電子スロットル制御モジュールの概略ブロック図である。

【図4】 幾つかのスロットルの静特性の例を示すグラフである。

【図5】 幾つかのスロットルの動特性の例を示すグラフである。

【図6】 電子スロットル制御モジュールにおける制御\*

【図6】



\*パラメータのコーディング例を示す図である。

【図7】 燃料噴射装置制御モジュールの概略ブロック図である。

【図8】 (a)は燃料噴射量補正用モジュールを構成するニューラル回路網の概略図であり、(b)は燃料噴射用制御モジュールの制御パラメータのコーディング例を示す図である。

【図9】 制御装置10全体の最適化処理の流れを示すフローチャートである。

【図10】 時分割で各個体を評価する場合の分割方法の一例を示す図である。

【図11】 進化型計算法として遺伝的アルゴリズムを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図12】 進化型計算法として進化戦略を用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図13】 進化型計算法として進化的プログラミングを用いた場合の進化型計算モジュールの概略フローチャートである。

【図14】 シミュレーティッド・アニーリングとタブーサーチとを組み合わせた近傍探索法を用いた場合の制御全体の流れを示している。

【図15】 近傍探索モジュールの処理を示す概略フローチャートである。

【図16】 強化学習モジュールの処理を概略的に示すフローチャートである。

【図17】 学習+進化型計算モジュールの処理を概略的に示すフローチャートである。

【図18】 進化型計算+近傍探索切替型モジュールの処理の概略を示すフローチャートである。

【図19】 学習+進化型計算複合型モジュールの概略フローチャートである。

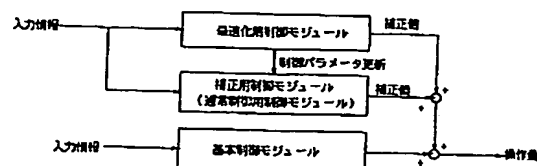
【図20】 総合特性最適化方法の別の実施例を示す図である。

【図21】 総合特性最適化方法のさらに別の実施例を示す図である。

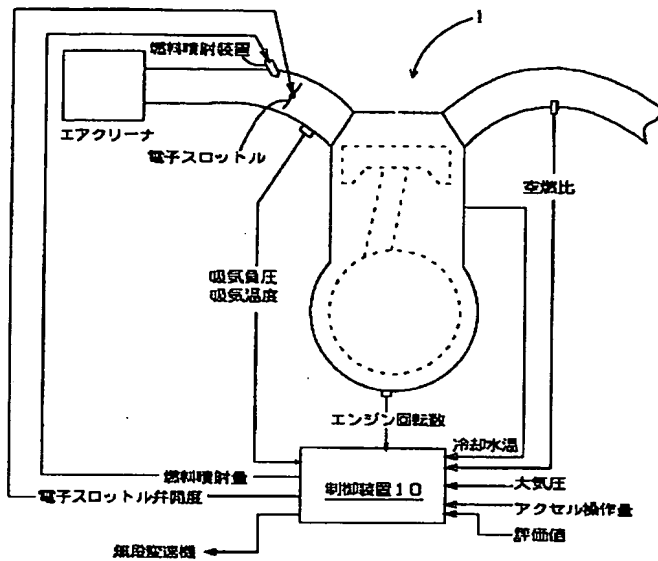
【図22】 総合特性最適化方法のさらに別の実施例を示す図である。

【図23】 総合特性最適化方法のさらに別の実施例を示す図である。

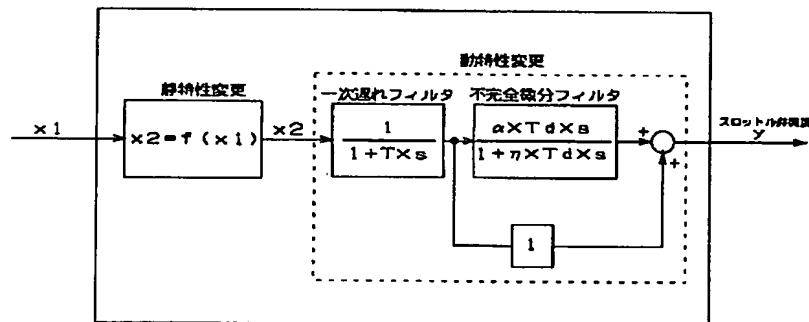
【図20】



【図1】

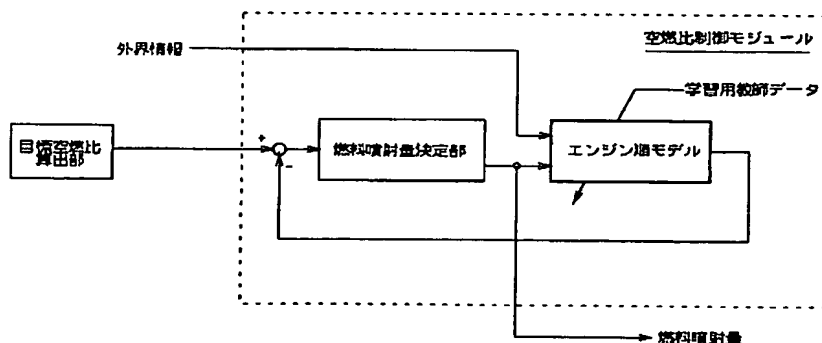


【図3】

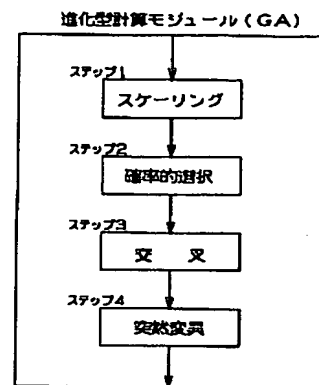


$x1$  : スロットル入力  
 $x2$  : 仮想スロットル入力  
 $y$  : スロットル弁開度  
 $f$  : 静特性関数  
 $T$  : 一次遅れ時定数 (DR)  
 $Td$  : 微分時間  
 $\alpha$  : 加速補正係数 (AG)  
 $\eta$  : 微分ゲイン

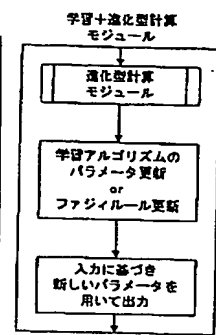
【図7】



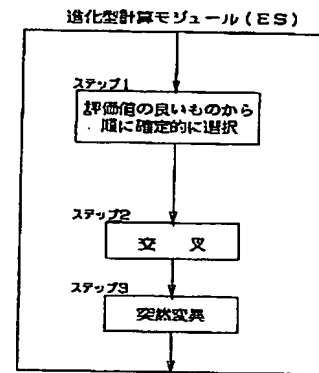
【図11】



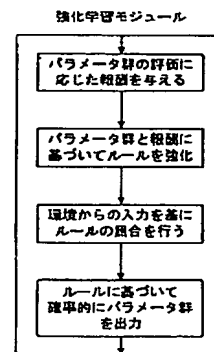
【図17】



【図12】

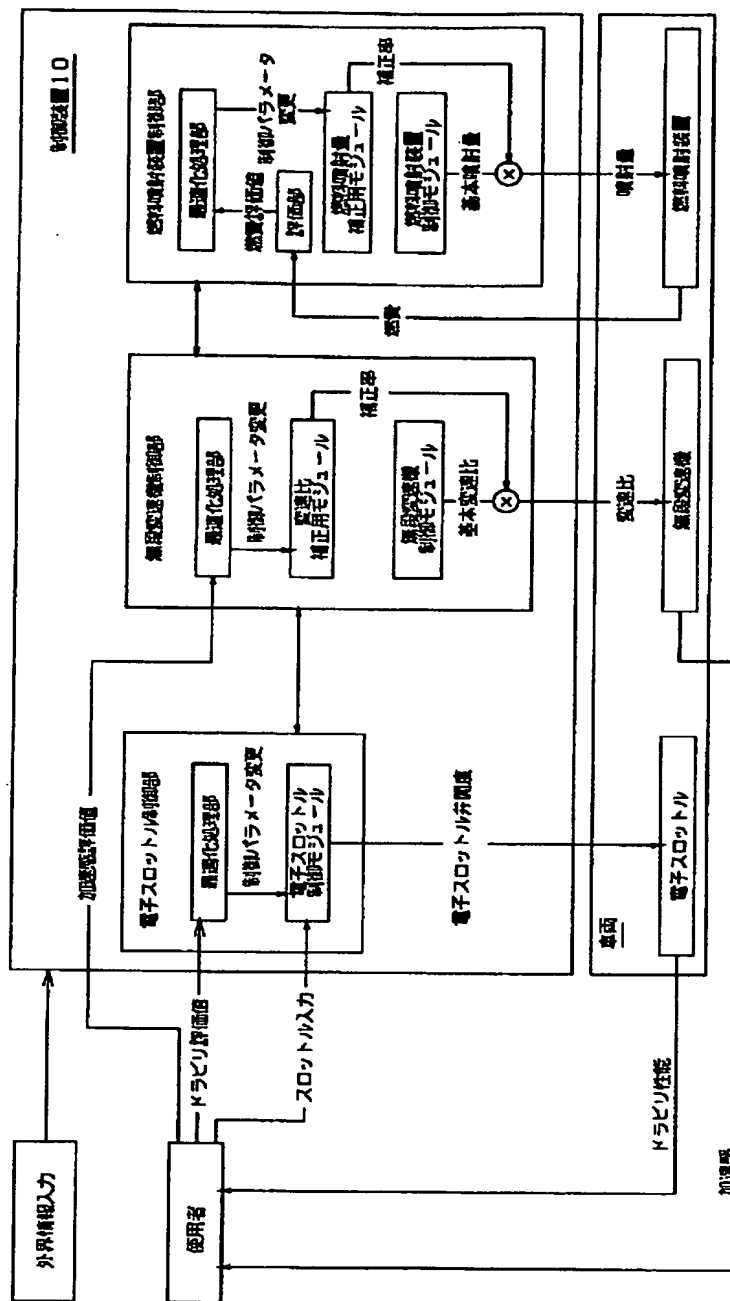


【図16】

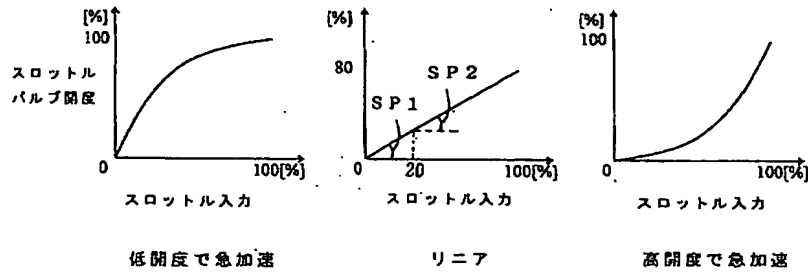




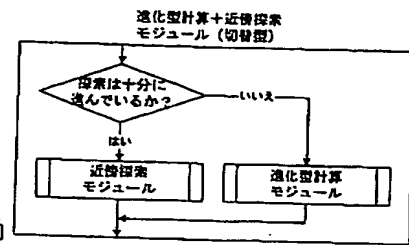
【図2】



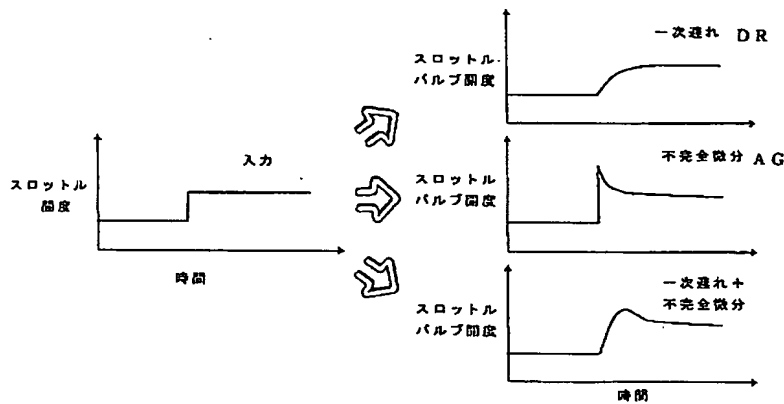
【図4】



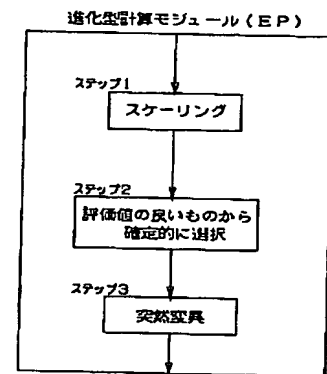
【図18】



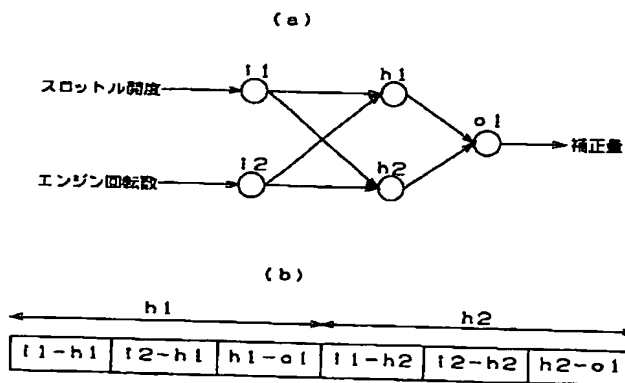
【図5】



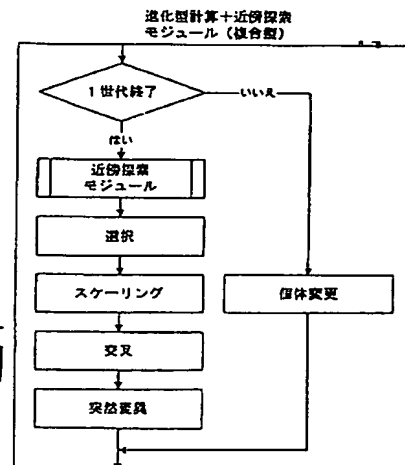
【図13】



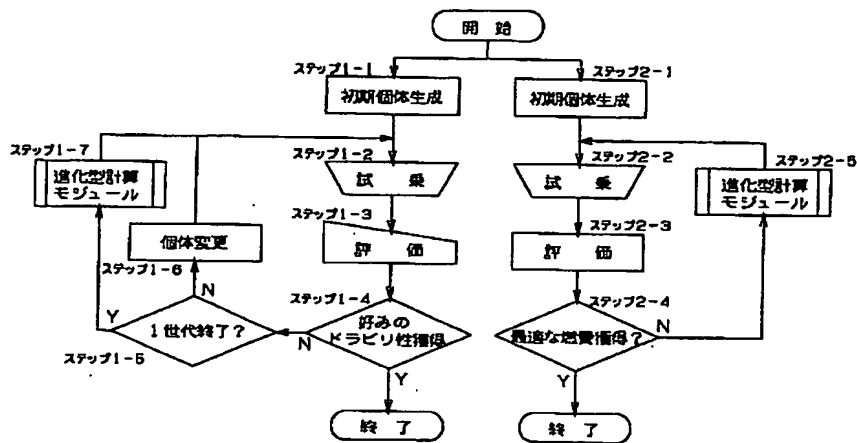
【図8】



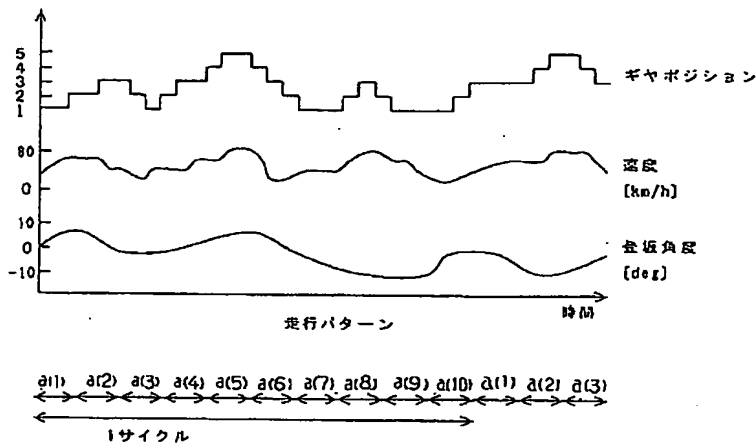
【図19】



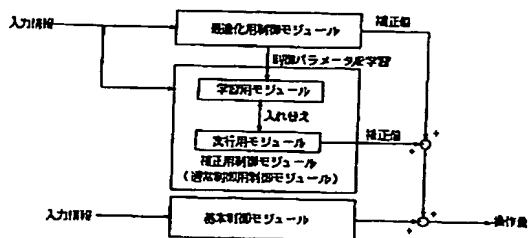
【図9】



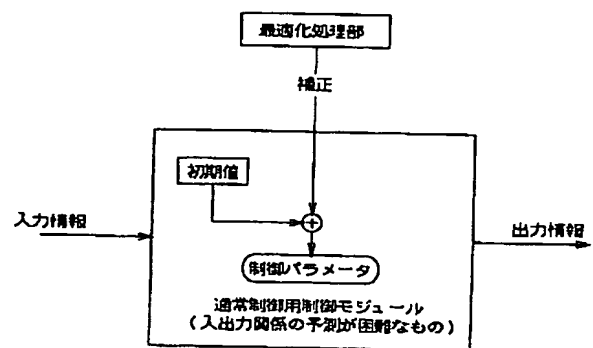
【図10】



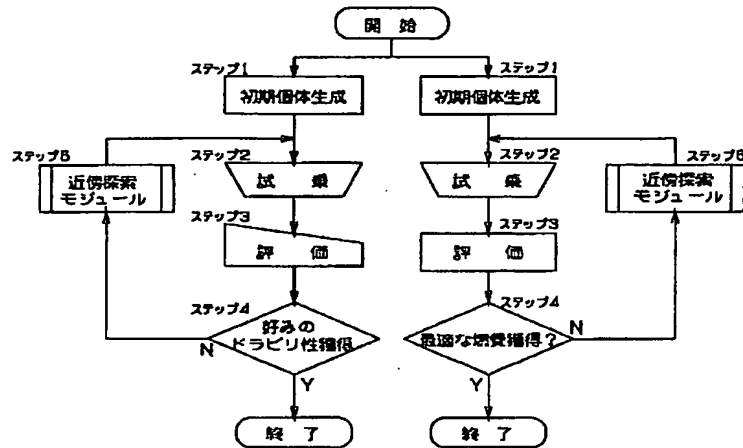
【図21】



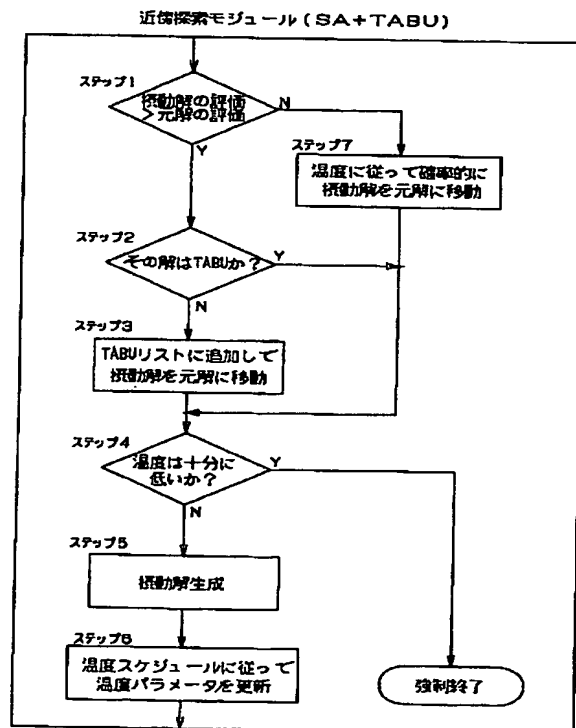
【図22】



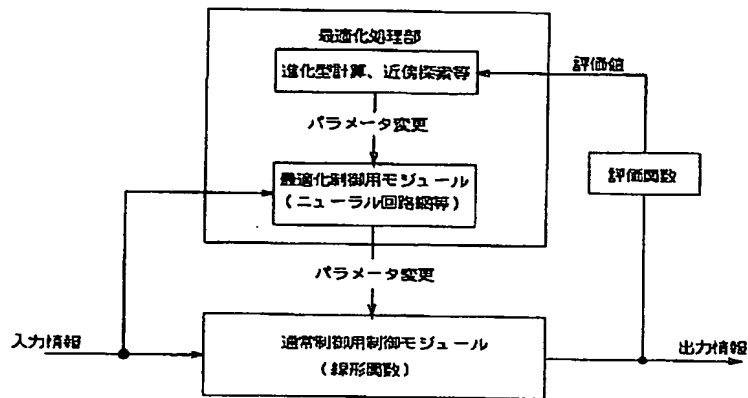
【図14】



【図15】



【図23】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターマコード (参考)
F 0 2 D 45/00	3 4 0	F 0 2 D 45/00	3 4 0 Z
F 1 6 H 63/06		F 1 6 H 63/06	
G 0 6 F 15/18	5 5 0	G 0 6 F 15/18	5 5 0 C

F ターム(参考) 3G084 BA04 BA05 BA13 BA32 CA04  
 DA04 DA15 DA22 EA11 EB02  
 EC04 FA02 FA10 FA11 FA20  
 FA33  
 3G301 JA03 KA12 LA03 MA11 NA09  
 ND18 ND42 ND43 ND44 ND45  
 NE18 NE20 PA07Z PA10Z  
 PA11Z PE01Z PE08Z PF03Z  
 3J067 BA54 CA02 CA06 CA09 CA21  
 CA27 CA28  
 5H004 GA26 GB12 HA13 HB01 HB03  
 HB07 HB08 JB07 KA41 KA65  
 KB22 KB24 KC12 KC35 KC43  
 KC45 KD26 KD46 KD62 KD67  
 LA01 LA15 LA17 LA18 MA11  
 9A001 HH05 HH09 HZ01 HZ06 KZ29  
 KZ32